www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

6e JAARGANG No. 1, blz. 1-32 JANUARI 1941

2147

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE NIEUWE NEDERLANDSCHE OMROEPZENDERS

door H. B. R. BOOSMAN.

621.396.712

Ter vervanging van de Nederlandsche omroepzenders te Hilversum en te Jaarsveld zijn kort geleden twee nieuwe omroepzenders van 125 kW gebouwd, welke in een gemeenschappelijk gebouw zijn ondergebracht. Dit artikel geeft een algemeen overzicht van de installatie.

In het begin van dit jaar zijn de Nederlandsche omroepzenders van Hilversum en Jaarsveld vervangen door één centrale installatie, die zoo is geplaatst, dat de ontvangst in geheel Nederland zoo gunstig mogelijk is. Deze nieuwe, door Philips geleverde installatie bestaat uit twee zenders, elk van 125 kW, welke resp. zullen werken op 356 m en 415 m. De golflengte van 356 m is aan Nederland toegewezen in het plan van Montreux; op het moment is dit plan nog niet in werking, weshalve voorloopig de betreffende zender op een golflengte van 301,5 m is afgestemd.

Bij het ontwerp van de nieuwe zenders werd in verband met het groote uit te stralen vermogen bijzondere aandacht besteed aan het rendement. De eisch om een hoog rendement te bereiken leidde tot een schakeling, waarbij de zendenergie aan de antenne wordt toegevoerd door vier nagenoeg identieke kanalen, elk bestaande uit drie achter elkaar geschakelde trappen. Vergeleken met de normale schakelingen, waarbij de gemoduleerde hoogfrequente energie in een enkele reeks opeenvolgende trappen tot het gewenschte niveau wordt versterkt, is op deze wijze een besparing van meer dan 250 kW verkregen.

Het is niet de bedoeling om in dit artikel de werking van de schakeling met vier kanalen te beschrijven en na te gaan, op welke wijze de verbetering van het rendement tot stand komt. Hierop zal in een volgend artikel in dit tijdschrift worden teruggekomen. Wel echter willen we in dit artikel bespreken, welke invloed het splitsen van de zenderschakeling in vier kanalen heeft gehad op het plan van de geheele installatie, waarna enkele bijzonderheden van de uitvoering nader in oogenschouw zullen worden genomen.

De algemeene opzet

De meest voor de hand liggende opzet voor een installatie volgens het genoemde principe is weergegeven in *fig. 1*, waarbij de waaiervormige plattegrond tegemoet komt aan de voor elke volgende trap noodzakelijk grootere afmeting. Zooals men ziet, is de splitsing van de installatie in vier kanalen niet van den beginne af aanwezig, maar geschiedt in twee etappes bij de overgang van de tweede naar

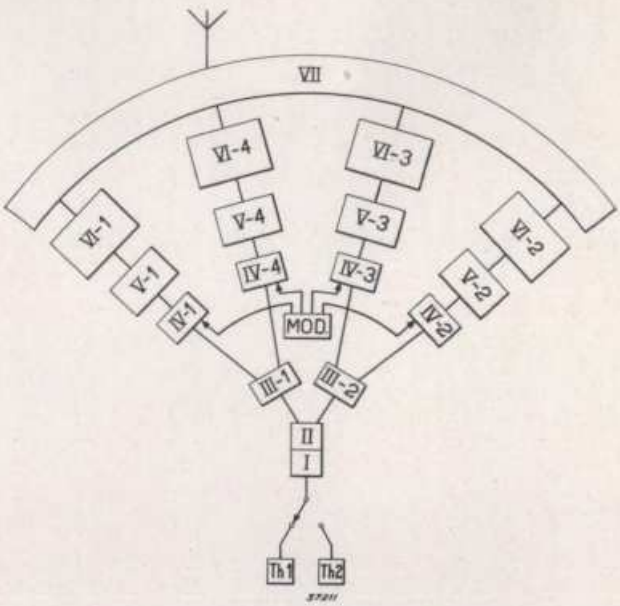


Fig. 1. Schema van de nieuwe Nederlandsche omroepzenders, voorgesteld in een vorm, die in aanmerking zou komen als plattegrond. De hoogfrequente energie wordt versterkt in zes trappen (*I-VI*), waarvan trap *III* in twee kanalen, trap *IV*, *V* en *VI* in vier kanalen gesplitst zijn. *VII* is een netwerk, dat de vier eindtrappen op bepaalde wijze met elkaar koppelt en de afgegeven energie overbrengt op de antenne. *MOD* is een modulator, werkende op trap *IV*, die de amplitude van het hoogfrequente signaal in de vier kanalen regelt, en wel in elk kanaal op een specifieke wijze. *Th 1* en *Th 2* thermostaten met kwartskristallen voor het constant houden van de frequentie.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

de derde trap en van de derde naar de vierde trap. De vierde trap wordt door de modulator bestuurd, waarbij elk van de kanalen op een andere wijze wordt beïnvloed. De hierdoor ontstane ongelijke verdeeling van de zendenergie over de verschillende kanalen is juist het middel, waardoor het hooge rendement wordt verkregen.

De waaiervormige opzet heeft in principe het voordeel, dat men de vier kanalen met weinig moeite zoodanig zou kunnen uitvoeren, dat ze als onderling identiek zijn te beschouwen, hetgeen gewenscht is om onderlinge faseverschuivingen tusschen de hoogfrequente signalen van de vier kanalen te voorkomen. Deze zijn nl. voor de goede werking van het geheel ontoelaatbaar. Practisch is deze opzet echter minder geschikt en werd tenslotte afgewezen, daar hierbij zoowel de bediening als de contrôle tamelijk onoverzichtelijk worden.

De overzichtelijkheid van bediening en contrôle vereischt een zooveel mogelijk aaneengesloten front, dat voor de eerste vier trappen samen met de modulator op de in *fig. 2a* weergegeven wijze verwezenlijkt kan worden. De zesde trap, welke evenals de vierde en vijfde trap uit vier kanalen bestaat, vereischt wat meer ruimte en werd derhalve apart opgesteld (zie fig. 2*b*). De koppeling van trap *IV* met trap *V* en van trap *V* met trap *VI* geschiedt door middel van verbindingsleidingen, welke voor de verschillende kanalen exact dezelfde lengte bezitten. De identiteit van de vier trappen, wat de fase van het hoogfrequente signaal betreft, werd op deze wijze in voldoende mate gewaarborgd.

De onderlinge rangschikking van de zendergedeelten *a* en *b* beantwoordt precies aan de zoojuist behandelde schetsteekening. Deze is hierbij niet als een plattegrond, maar als een verticale doorsnede te beschouwen, dwz. de vóórtrappen *a* zijn op een bordes boven de eindtrap *b* geplaatst. De geheele zender is tegen één wand van een groote zaal gemonteerd; aan de tegenoverliggende wand

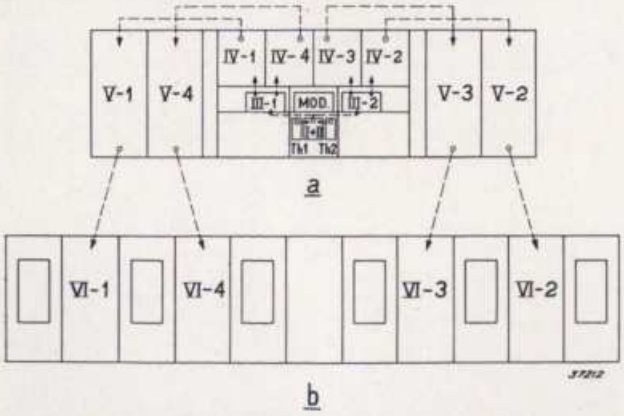


Fig. 2. Schematisch vóóraanzicht van de uitgevoerde zender.

is de tweede zender opgesteld, welke behalve in zijn golflengte geheel met de eerste zender overeenstemt.

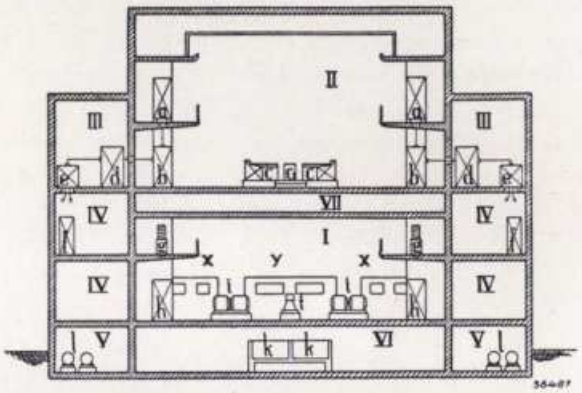


Fig. 3. Verticale dwarsdoorsnede van het zendergebouw.

I	Machinezaal	*e*	bedieningslessenaar
II en *III*	Zenderzaal	*d*	anodekringen van eindtrap
IV	Werkplaats enz.	*e*	antennekoppelkring en filters
V	Pompenkelder	*f*	kunstantenne
VI	Kabelkelder	*g*	koelwaterspiralen
VII	Kabelruimte	*h*	schakelbord machineruimte
a	vóórtrappen	*i*	omvormers
b	eindtrap	*x, y*	20-kV-gelijkrichters.

Fig. 3 geeft een dwarsdoorsnede over het midden van het zendgebouw, dat hoofdzakelijk uit twee verdiepingen bestaat, nl. op de begane grond de machinezaal (*I*) en daarboven de zenderzaal (*II*). In de machinezaal bevinden zich de diverse voedingsbronnen van de installatie: voor lage spanningen en hooge stroomsterkten zijn omvormers geïnstalleerd, terwijl de hooge spanning van de eindtrap met behulp van een transformator en gelijkrichter wordt verkregen. Op de bordessen van de machinezaal staan de isolatiespiralen, welke aan de weg van het koelwater de noodige lengte geven om te voorkomen, dat de hooge potentiaal van de anoden der eindbuizen via het koelwater naar aarde wordt afgeleid.

In *fig. 4* is een plattegrond van de machinezaal te zien. *x* en *y* zijn gelijkrichters voor de hoogspanning van de eindtrappen; hierbij behooren resp. de transformatoren *v* en *w*. De twee gelijkrichters *x* dienen elk voor de voeding van één zender, terwijl *y* de gemeenschappelijke reserve vormt. De omvormers voor de lage spanningen zijn aangeduid door *i*. Drie gloeistroomdynamo's worden gebruikt, nl. van 15, 25 en 35 V voor resp. 50, 320 en 830 A, om niet door toepassen van één dynamo van 35 V te veel energie in voorschakelweerstanden voor de gloeidraden van lagere spanning te moeten vernietigen. Verder levert een dubbele dynamo voor 2000 V, 2 A en 450 V, 1 A de anodespanningen en schermroosterspanningen van diverse vóórtrappen, terwijl twee dubbele dynamo's, ieder voor 400 V, 2,5 A de roostervóórspanningen voor de vier kanalen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

van de eindtrap geven. Tenslotte is een dynamo voor 110 V, 18 A voor de bekrachtiging van de andere machines opgesteld. De energie voor het aandrijven van de dynamo's wordt van het plaatselijke hoogspanningsnet afgenomen met behulp van de transformatoren *r*, die aan het eind van de machinezaal in aparte cellen zijn ingebouwd. Ook hier dient voor elke zender één transformator als normale energiebron, terwijl een derde transformator als reserve dient.

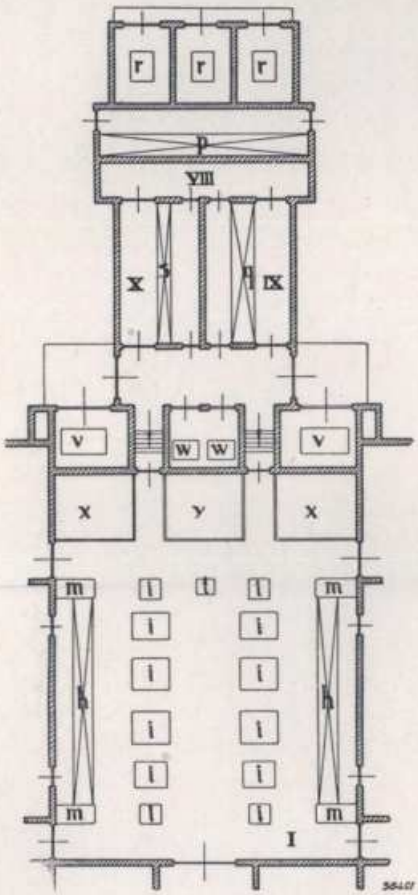


Fig. 4. Plattegrond van de machinezaal.
I Machinezaal
VIII Kabelschakelruimte
IX Hoogspanningsschakelruimte
X Laagspanningsschakelruimte
m kabelkanalen
r nettransformatoren
v, *w* transformatoren voor 20 kV-gelijkrichters.

Voor de verdere inrichting van de machinekamer verwijzen wij naar het onderschrift van fig. 4. Tenslotte zijn in *fig. 5* twee foto's van de machinekamer weergegeven; op de eene foto ziet men de middelste gelijkrichter (*y* in fig. 4) achter een stel omvormers, terwijl de andere foto het schakelbord van de voedingsspanningen (*h* in fig. 4) laat zien.

Zooals reeds gezegd werd, bevindt zich boven de machinekamer de zaal voor de eigenlijke zendinstallaties, waarvan in *fig. 6* een plattegrond is weergegeven. De verschillende onderdeelen van de zender zijn op dezelfde wijze als in fig. 3 aangeduid, zoodat de schets zonder veel verklaring duidelijk is. Aan

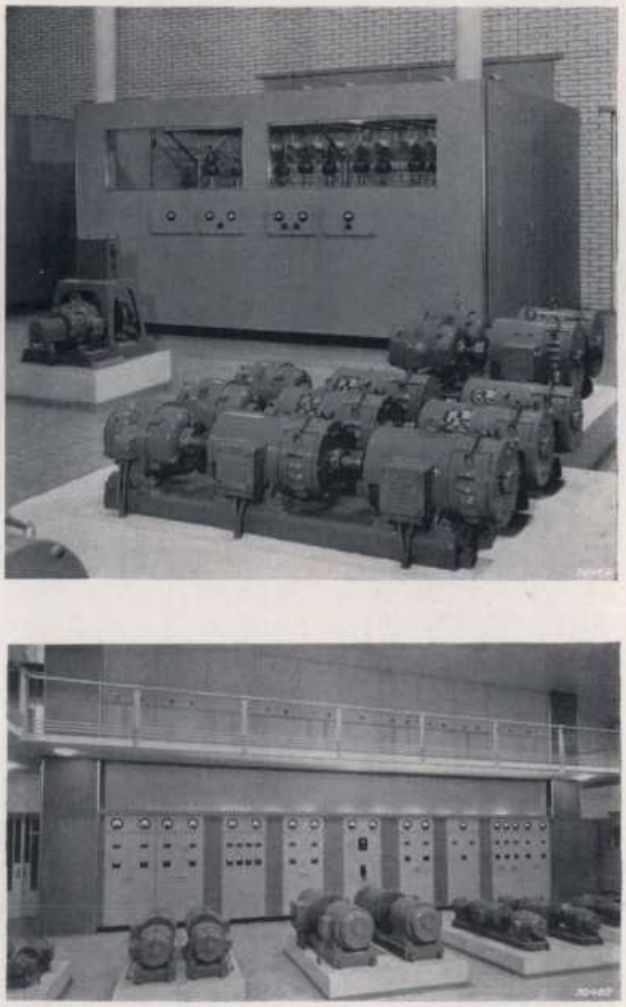


Fig. 5. Machinezaal. Bovenste foto de 20 kV-gelijkrichter achter een stel omvormers; onderste foto het bij de omvormers behoorende schakelbord.

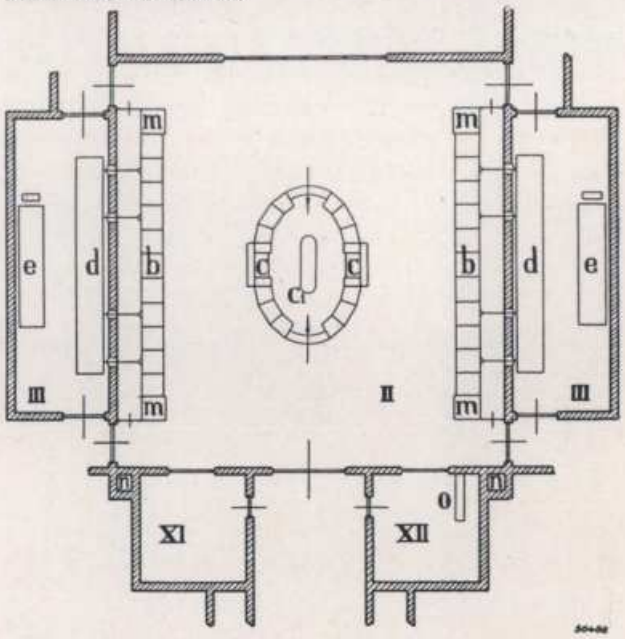


Fig. 6. Plattegrond van de zenderzaal en de aangrenzende kamers. Voor de beteekenis van de letters en getallen zie fig. 3. Verder: *XI* kamer van bedrijfschef, *XII* versterkerkamer met versterkerrek *O*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

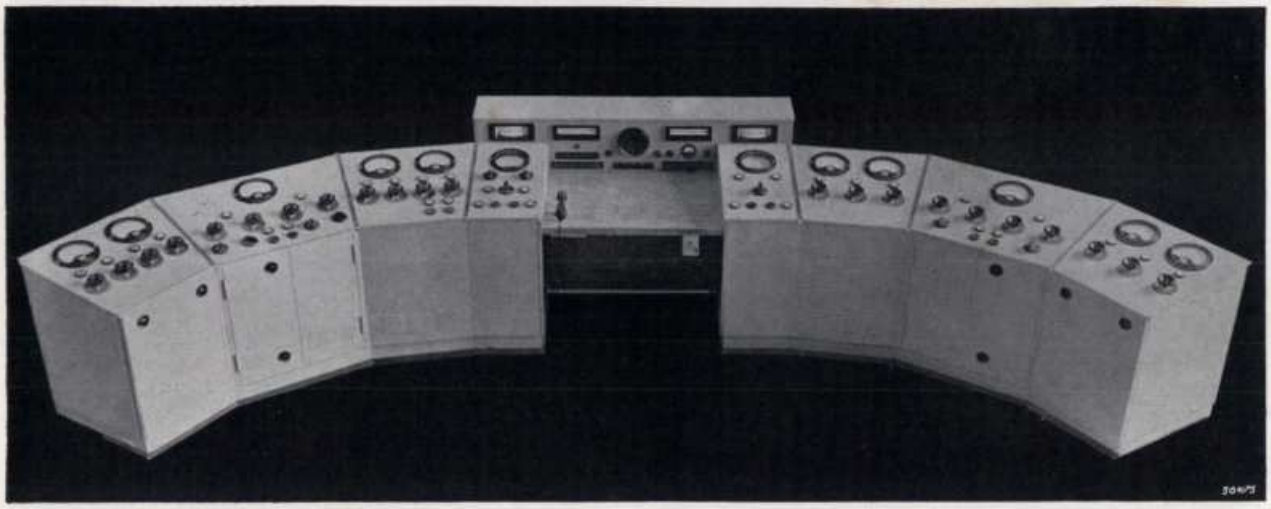


Fig. 7. Contrôle- en bedieningslessenaar.

de vóórzijde liggen twee kamers, die resp. dienen als kamer van de bedrijfschef (*XI*) en als versterkerkamer (*XII*) en door breede ramen uitzicht op de zenderzaal geven. In de versterkerkamer zijn de microfoonversterkers op een rek (*O*) ondergebracht. Aan de zijwanden van de zaal bevinden zich de eindtrappen (*b*) van de vier kanalen; daarboven op de in de plattegrond niet aangegeven bordessen zijn de vóórtrappen aangebracht. De kabels en koelwaterleidingen naar deze vóórtrappen loopen door de

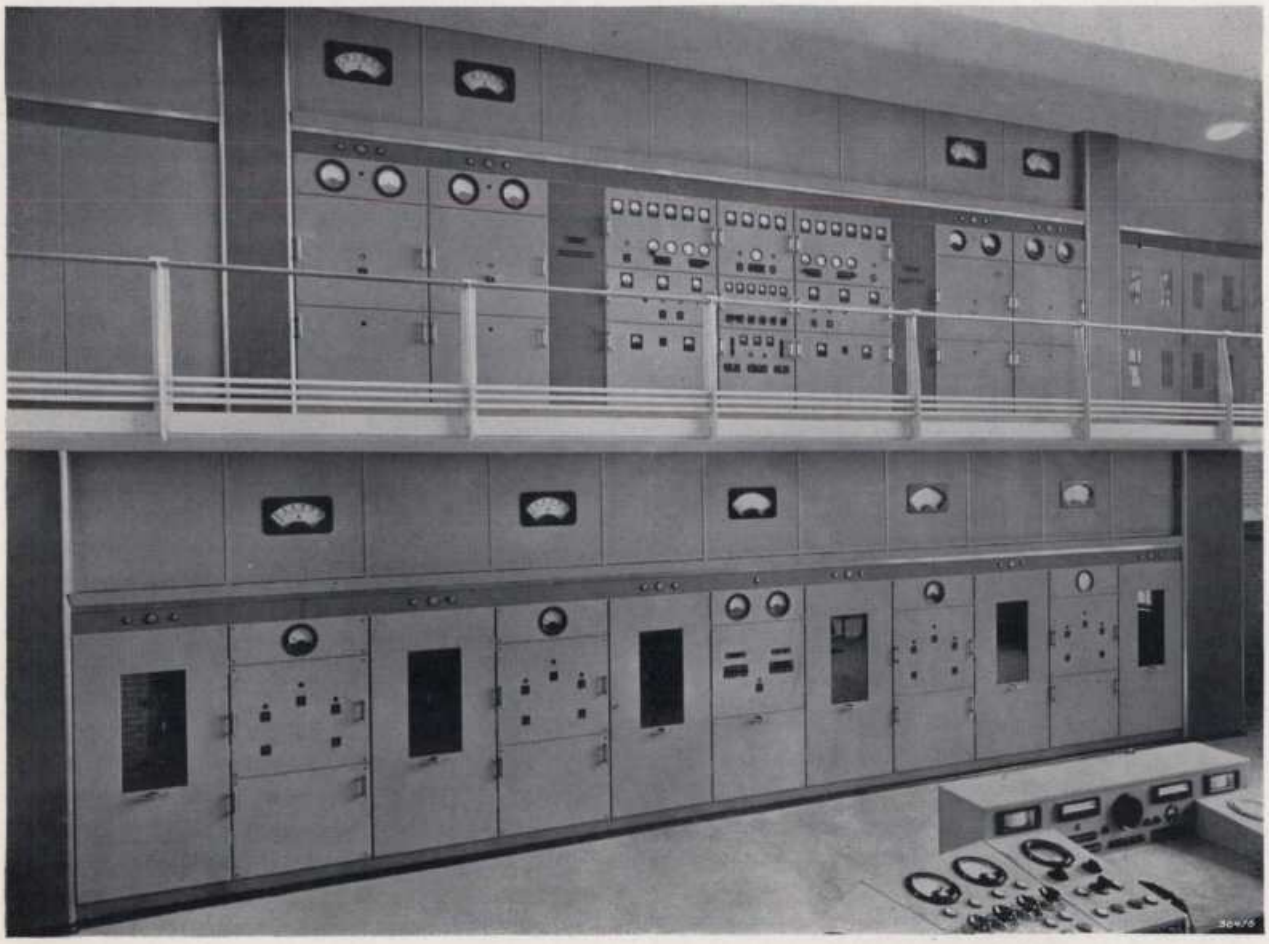


Fig. 8. Vóórfront van de zender, gezien van de bedieningslessenaar uit. Op het bordes de vóórtrappen *I-V*; beneden de eindtrap *VI*. De verdeeling van het front volgt uit het schematisch overzicht in fig. 2.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

kabelkanalen (*m*) die ter weerszijden van de eindtrappen te zien zijn. In de zijkamers *III* van de zenderzaal bevindt zich het anode-netwerk *d* van de eindtrap, dat de vier kanalen met elkaar koppelt, en verder een kast *e* met de koppelkring,

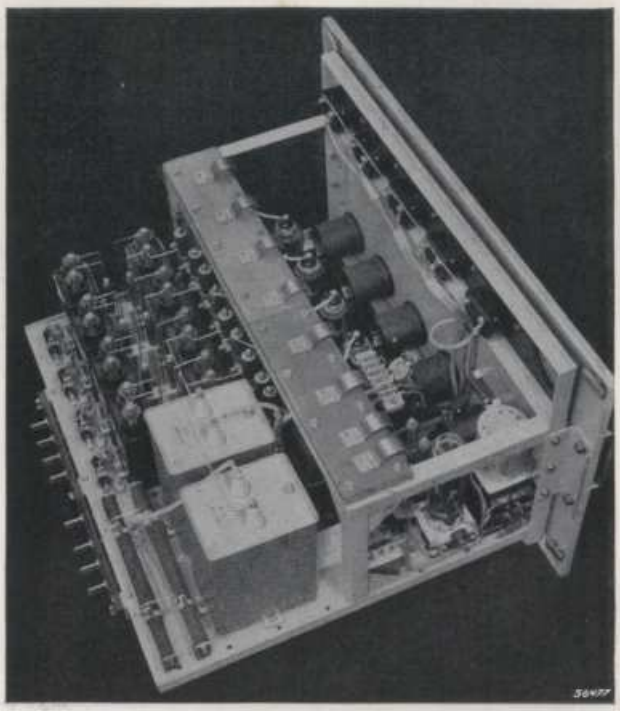


Fig. 9. Inschuifchassis, bevattende de modulatortrap. Geheel links ziet men de mescontacten, welke bij het inschuiven zorg dragen voor de electrische aansluitingen.

welke de uitgangsenergie van de zender na het uitzeven van hoogere harmonischen overbrengt op de antenne. In het midden van de zaal staat de bedieningslessenaar, waarvan een helft (voor één zender) in *fig. 7* is afgebeeld. Van deze lessenaar uit kunnen alle voor de bediening van beide zenders noodige manipulaties worden verricht, met uitzondering van het in- en omschakelen van de machines, hetgeen in de machinezaal zelf geschiedt, onder gelijktijdige contrôle met behulp van de daar aanwezige meetinstrumenten. In *fig. 8* is van de lessenaar uit het paneel van de geheele zender opgenomen om te laten zien, hoe dank zij de montage in twee etages en een ruime dimensioneering van de instrumenten een goed overzicht over de geheele installatie is verkregen. Verder valt op, dat op het geheele zenderpaneel geen bedieningsknoppen voorkomen. Deze zijn met opzet vermeden om ontregeling van de zender, bijv. door onachtzame bezoekers, te voorkomen. Alle bedieningsassen kunnen door het personeel worden bewogen met behulp van een insteekbare zwengel.

Enkele constructiedetails van de zender

Bij de constructie van de zender is gestreefd naar een ruime bouw, teneinde alle onderdeelen gemakkelijk toegankelijk te maken. Dit is vooral van belang voor die onderdeelen, welke voor verwisseling in aanmerking komen, zooals buizen en smeltveiligheden.

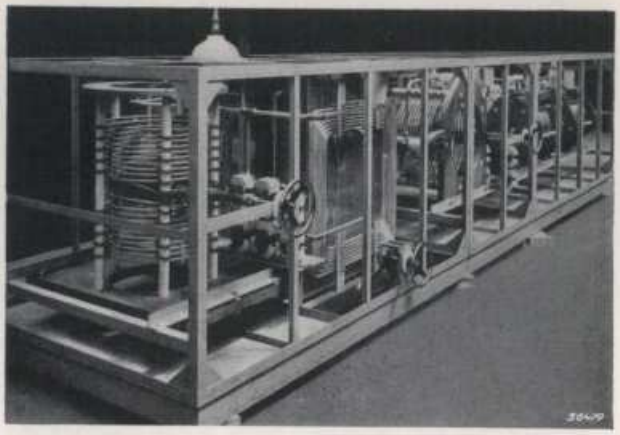


Fig. 10. De koppelkring, welke de energie van de eindtrap overbrengt naar de antenne. Verder filters om hoogere harmonischen uit het antennesignaal te elimineeren.

Om de toegang tot de onderdeelen te vergemakkelijken, zijn de frontplaten van de zender met knevels bevestigd en van handvatten voorzien, en zijn alle buizen achter deuren aangebracht. Kleinere onderdeelen zijn in schuifchassis ondergebracht (zie

Fig. 11. Afstemkringen voor de eindtrap van de zender. Onder de astatisch opgestelde spoelen ziet men de afstemcondensatoren, die door motoren worden bediend.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

fig. 9) met toepassing van mescontacten voor de stroomovergangen.

Een nadere bespreking van de electrische constructie van de zender ligt buiten het bestek van dit artikel. Om echter een indruk te geven van de mechanische uitvoering van de electrische onderdeelen, zijn in *fig. 10* tot *12* een drietal afbeeldingen van karakteristieke onderdeelen opgenomen. Wij wijzen vooral op de uitvoering van de spoelen van de H.F. eindtrappen in *fig. 11*. Deze spoelen zijn in twee astatische helften onderverdeeld, waardoor de onderlinge koppeling der spoelen zonder uitwendige afscherming uitermate klein is gehouden.

Als antennes dienen twee zelfstralende masten van 192 m en 165 m resp. voor de zendgolven van 415 m en 356 m. Het aardnet bestaat uit 108 koperen draden van resp. 200 en 180 m lengte, straalsgewijze ingegraven tusschen een binnen- en een buitenring.

Afstemming van de zender

Behalve in de eindtrap kunnen de kringen van de zender geheel normaal worden afgestemd, daar de vóórtrappen van de verschillende kanalen van elkaar onafhankelijk zijn. Daar echter de kanalen van de eindtrap op een gemeenschappelijke anodekring werken, moesten voor de afstemming van de eindtrap speciale maatregelen worden getroffen. Het netwerk, dat de anodekringen van de eindbuizen met elkaar koppelt, is zoodanig, dat men de anodekring van één kanaal het gemakkelijkst kan afstemmen, wanneer de anodekringen van de naburige kanalen zijn kortgesloten. De kortsluiting wordt bewerkstelligd met behulp van mechanische schakelaars; deze worden met servomotoren van het zenderfront af bediend, evenals de afstemcondensatoren der verschillende kanalen. Van de buizen met kortgesloten anodekring kan de anodespanning door scheidingsschakelaars worden weggenomen. Deze schakelaars zijn electrisch vergrendeld met de bijbehoorende kortsluitschakelaars, waardoor inschakelen van de anodespanning op buizen met kortgesloten anodekring niet mogelijk is.

Heeft men op deze wijze een kanaal van de overige gesepareerd, dan kan men de trillingskringen afstemmen en verder door instellen van bepaalde voorspanningen in de modulatietrap zorgen, dat de draaggolf op de gewenschte wijze door de modulatiespanning wordt beïnvloed. Zooals werd gezegd, is de wijze, waarop men deze beïnvloeding wenscht te doen plaats vinden voor elk van de kanalen anders;

Fig. 13. Meetwagen met kathodestraaloscillograaf ter contrôle van de onderlinge fasen van de spanningen in de vier kanalen.

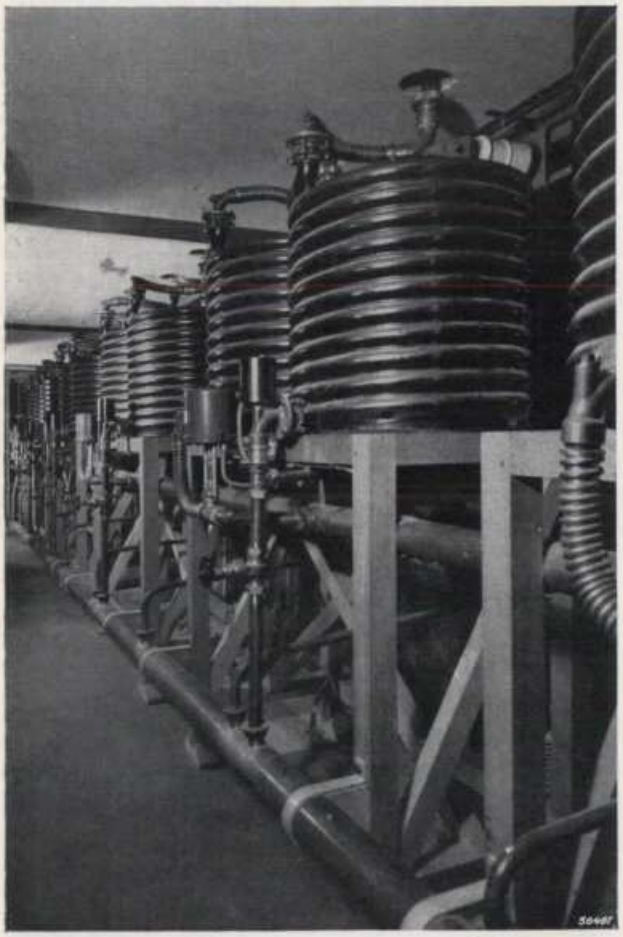


Fig. 12. Isolatiespiralen, waardoor het koelwater voor de anoden van de eindbuizen stroomt. Het water van de zes buizen (vier kanalen en twee reservebuizen) moet zoowel op de heenweg als op de terugweg een isolatiespiraal doorloopen, zoodat 12 dergelijke spiralen noodig zijn. Deze bestaan geheel uit porcelein en zijn gedimensioneerd voor 120 liter koelwater per minuut.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

het beste beoordeelt men het verband tusschen de modulatiespanning en de amplitude van het uitgangssignaal proefondervindelijk met behulp van een viertal kathodestraalbuizen, welke in het front van de zender zijn ingebouwd.

Voor de goede werking van de zender zijn niet alleen de amplituden van de signalen in de vier kanalen van belang, maar ook de onderlinge fasen. Om faseverschuivingen te vermijden is het onder meer noodzakelijk, de rooster-anodecapaciteiten van de in de eindtrap toegepaste trioden TA 18/100, welke voor verschillende exemplaren van de buizen iets uiteenloopen, exact te compenseeren. De hiertoe gebruikte neutrodyne-condensatoren zijn in twee deelen uitgevoerd, waarvan het hoofddeel éénmaal wordt ingesteld, terwijl het correctiegedeelte van het zenderfront af kan worden geregeld. De afregeling kan het beste worden bewerktstelligd door de juistheid van de onderlinge fasen der vier kanalen met behulp van een kathodestraaloscillograaf te controleeren; hiertoe wordt een transportabel apparaat gebruikt in de vorm van een meetwagen, welke in *fig. 13* is afgebeeld.

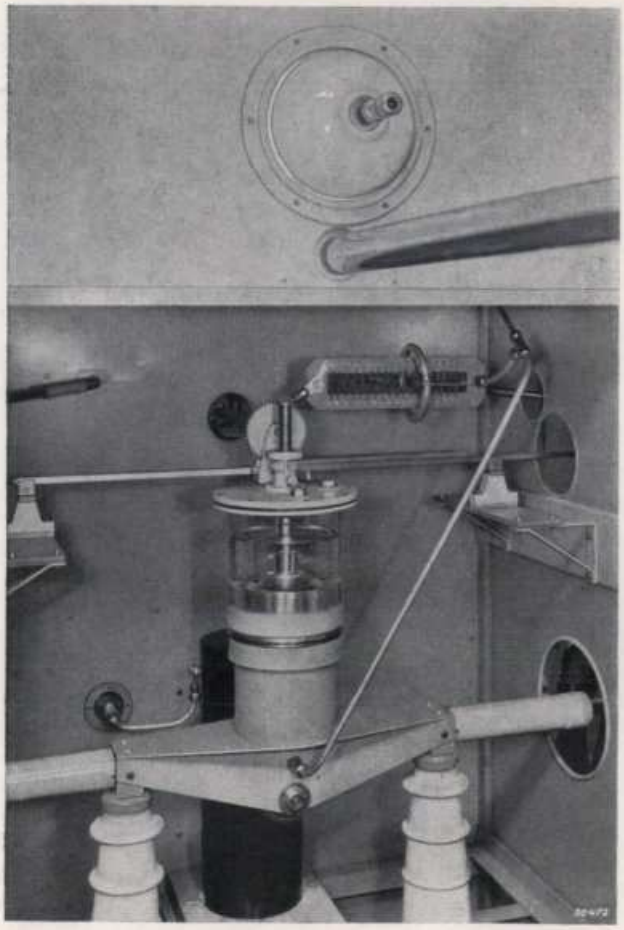


Fig. 14. Neutrodyne-condensator, die ingesteld wordt met behulp van tandwiel en tandheugel.

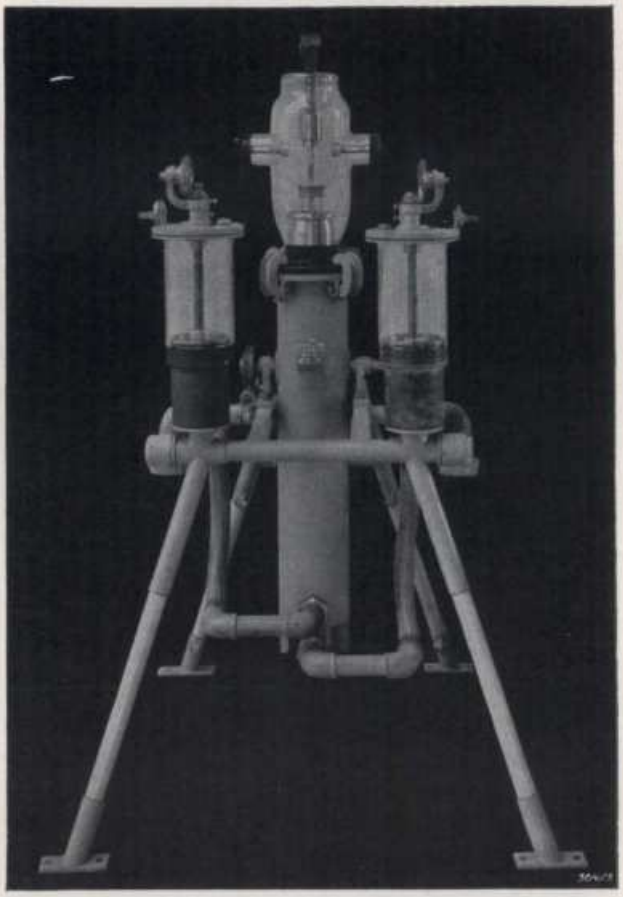


Fig. 15. Reservebuis met twee neutrodyne-condensatoren, welke resp. zijn afgesteld voor de twee kanalen, waarin eventueel de aanwezige buis zou moeten worden vervangen.

In *fig. 14* ziet men de tandheugelaandrijving, waarmee het correctiegedeelte van de neutrodyne-capaciteit wordt ingesteld; dit beeld is tevens kenmerkend voor de wijze, waarop men heeft getracht de in afgesloten compartimenten ondergebrachte afstembare onderdeelen met behulp van schuifschakelaars te bedienen. Het neutrodyniseeren moet telkens worden herhaald, wanneer een zendbuis door een nieuwe buis wordt vervangen. Om dit te vergemakkelijken is voor telkens twee kanalen een reservebuis ingebouwd, welke vooraf met behulp van twee neutrodyne-condensatoren voor elk van de twee kanalen is geneutrodyniseerd (zie *fig. 15*). Het overschakelen op een reservebuis vereischt daardoor slechts een minimum aan tijd (ca 15 seconden) en kan door ongeschoold personeel geschieden.

Eigenschappen van de zender

Ten opzichte van de gebruikelijke zenderschakelingen biedt de beschreven installatie, waarin de modulatie over vier kanalen verdeeld wordt, het voordeel van een belangrijk hooger rendement. De waarde van het rendement hangt af van de wijze,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

waarop deze verdeeling geschiedt. Naarmate men een hooger rendement wenscht te bereiken, zal men in het algemeen ook hoogere vervormingen moeten toelaten; het eindresultaat is dus als een compromis te beschouwen tusschen het rendement van de zender en de zuiverheid van de weergave. Bij de zender, zooals die was ingesteld voor de overnamekeuring, werden voor de vervorming en het rendement de in de volgende tabel opgegeven waarden gemeten

Onderstelt men, in overeenstemming met ervaringen uit de practijk, dat men bij normale constructie van de zender slechts een rendement van ongeveer 20 % zou hebben bereikt, dan komt men tot een besparing van meer dan 250 kW. Deze besparing is van des te grooter belang, omdat ze niet alleen een bezuiniging op het stroomverbruik geeft, maar tevens een voordeelige invloed heeft op de dimensioneering van de waterkoeling en andere onderdeelen, die de ontwikkelde warmte zonder schadelijke temperatuurverhooging moeten kunnen afvoeren.

Vervorming van laagfrequente signalen bij 90% modulatiediepte		Rendement bij verschillende modulatiediepten		
frequentie per/sec.	vervorming		rendement eindtrap	rendement geheele zender
300	3,2%	draaggolf zonder mod.	58,9%	36%
400	3,0%			
2000	3,9%	30% mod.	56%	35%
6000	5,5%			
9000	6,3%	100% mod.	55%	38%

NIEUWE STAALSOORTEN VAN GROOT MAGNETISCH VERMOGEN

door B. JONAS en H. J. MEERKAMP van EMBDEN. 669.15.018.58

Door staalsoorten voor permanente magneten tijdens de warmtebehandeling bloot te stellen aan een magnetisch veld (magnetische harding), kan in bepaalde gevallen een belangrijke verbetering van de magnetische eigenschappen worden bereikt. Het maximale product van inductie en inwendige veldsterkte (magnetisch vermogen), dat de kwaliteit van een magneetstaal bepaalt, kon langs deze weg bij de magneetstaallegeering „Ticonal" van $2{,}2 \cdot 10^6$ tot $5{,}2 \cdot 10^6$ gauss-oersted worden opgevoerd. De beteekenis van deze vooruitgang wordt in dit artikel in het kort toegelicht.

Hoewel omtrent de magnetische eigenschappen van legeeringen reeds zekere algemeene inzichten bestaan, is men bij het uitwerken van de meest gunstige samenstelling van een legeering, waarvan bepaalde magnetische eigenschappen worden geeischt, nog vrijwel geheel op de ervaring aangewezen. Dit geldt ook voor de legeeringen voor permanente magneten, welke in het Philips-Laboratorium hoofdzakelijk worden ontwikkeld ten behoeve van hun toepassing in electrodynamische luidsprekers.

Werd bij deze onderzoekingen het eerst uitgegaan van de toen gangbare koolstof-cobaltstalen, na de vinding van Mishima in 1932, dat uit ijzerlegeeringen met nikkel en aluminium in bepaalde verhouding betere en goedkoopere permanente magneten konden worden vervaardigd, werden magneetstaalsoorten ontwikkeld, welke eveneens deze elementen bevatten en bovendien titanium en cobalt [1]).

Bij de onderzoekingen van deze nieuwe staalsoorten, welke onder de naam „Ticonal" in de handel worden gebracht, werd niet alleen de samenstelling op vele wijzen gevarieerd, maar ook de aard van de warmtebehandeling. De resultaten

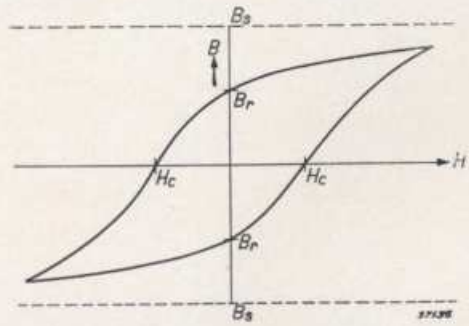


Fig. 1. Hysteresislus van een magneetstaal. B_r remanentie, H_c coërcitiefkracht.

[1]) Over het principieele verschil tusschen het magnetische hardingsverschijnsel bij deze legeeringen en bij de vroeger bekende magneetstaalsoorten zie J. L. Snoek, Philips techn. T. 2, 233, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

werden dan telkens beoordeeld door opnemen van de magnetiseeringskromme en in het bijzonder van de remanentie B_r en de coërcitiefkracht H_c (zie *fig. 1*). Er werd gevonden, dat coërcitiefkrachten tot meer dan 1000 oersted kunnen worden verkregen. De remanentie blijkt hierbij meestal met toenemende coërcitiefkracht af te nemen, zoodat het product van coërcitiefkracht en remanentie, dat tot op zekere hoogte als een maat voor het magnetisch vermogen van het staal kan worden beschouwd, niet boven een bepaalde grens, van ongeveer $6 \cdot 10^6$ gauss-oersted kan worden opgevoerd.

In werkelijkheid wordt de kwaliteit van een magneetstaal niet exact door het product van remanentie en coërcitiefkracht bepaald, maar door de maximale waarde $(BH)_{max}$ van het product van inductie en inwendige veldsterkte, welke op kan treden, wanneer het materiaal in een ontmagnetiseerend veld wordt geplaatst [2]). Heeft $B_r H_c$ een waarde van $6 \cdot 10^6$ gauss-oersted, dan vindt men voor $(BH)_{max}$ ongeveer $2 \cdot 10^6$ gauss-oersted. Het quotient $(BH)_{max} : B_r H_c$ wordt met de naam bolheidsfactor aangeduid. Voor een volkomen rechthoekige ontmagnetiseeringskromme (*fig. 2a*) zou de bolheidsfactor gelijk aan 1 zijn; voor een rechtlijning verloop (fig. 2*b*) vindt men 0,25. De werkelijke grootte van de bolheidsfactor is meestal tusschen deze twee extreme waarden gelegen en heeft voor „Ticonal"-staalsoorten ongeveer een waarde van 0,4.

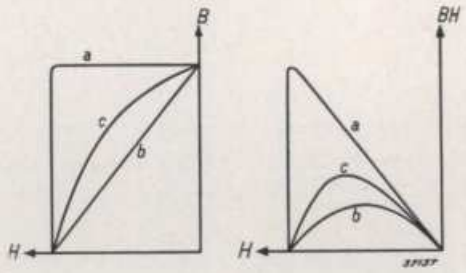


Fig. 2. *a* en *b*: Grensgevallen van ontmagnetiseeringskrommen, *c*: technische magnetiseeringskromme. Linker diagram *B* als functie van *H*; rechter diagram *BH* als functie van *H*. De „bolheidsfactor" $(BH)_{max} : B_r H_c$ kan tusschen 1 en 0,25 (kromme *a* resp. *b*) varieeren; bij de weergegeven technische kromme *c* heeft hij een waarde van 0,4.

Op grond van uitgebreide pogingen om door variatie van de samenstelling en de behandeling van de genoemde legeeringen het best mogelijke resultaat te bereiken leek het, alsof de waarde van $(BH)_{max}$ in de practijk niet hooger kon worden opgevoerd dan tot $2{,}2 \cdot 10^6$ gauss-oersted. In 1938 is het echter in het Philips-Laboratorium gelukt, deze waarde ineens belangrijk te overtreffen, door bepaalde nieuwe magneetstaallegeeringen [3]) aan

[2]) Zie A. Th. van Urk, Philips techn. T. 5, 33, 1940.

[3]) De legeeringen bevatten dezelfde metalen als de vroeger ontwikkelde „Ticonal"-staalsoorten, echter in een andere verhouding. Een speciale eisch is een betrekkelijk hoog gehalte aan cobalt, hetgeen in verband met de kostbaarheid van dit metaal oorspronkelijk weinig aantrekkelijk leek.

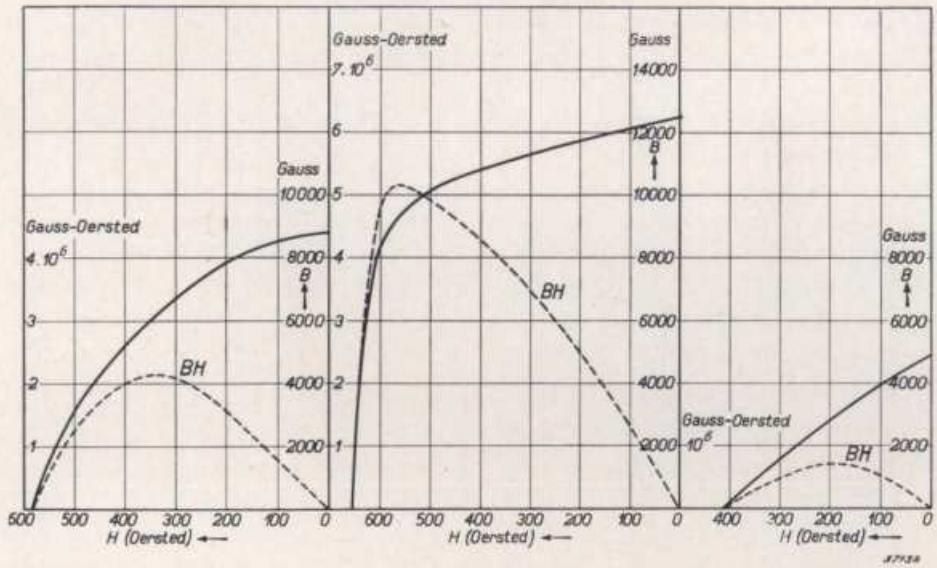


Fig. 3. Ontmagnetiseeringskromme van een magneetstaal, bestaande uit 51,5% ijzer, 8,5% aluminium, 14% nikkel, 23% cobalt en 3% koper. *a*) Optimale warmtebehandeling zonder magneetveld, *b*) warmtebehandeling in een magneetveld met de richting, waarin de *B-H*-kromme is gemeten. Hierbij wordt een $(BH)_{max}$-waarde van $5{,}2 \cdot 10^6$ gauss-oersted verkregen. *c*) Hetzelfde staal als kromme *b*), gemeten in een richting loodrecht op het tijdens de warmtebehandeling aangelegde magneetveld. Getrokken lijnen *B* als functie van *H*, gestippelde lijnen *BH* als functie van *H*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

een warmtebehandeling in een magnetisch veld te onderwerpen en daarna op de gebruikelijke wijze te ontlaten [4]). Het blijkt op deze wijze mogelijk de $(BH)_{max}$-waarde op te voeren tot de ongekende hoogte van $5{,}2 \cdot 10^6$ gauss-oersted, zoodat men kan zeggen, dat de kwaliteit van het staal met meer dan een factor 2 vooruit is gegaan [5]).

Een belangrijk deel van deze verbetering, is toe te schrijven aan een vergrooting van de bolheidsfactor. Zooals men ziet in *fig. 3*, verkrijgt de ontmagnetiseeringskromme van de nieuwe staalsoorten tengevolge van de magnetische behandeling een min of meer rechthoekig karakter, hetgeen beteekent, dat de bolheidsfactor de waarde 1 gaat naderen. De grootste bij magnetisch geharde staalsoorten gemeten bolheidsfactor bedraagt 0,76 en is dus bijna 2 maal zoo groot als die, welke bij dezelfde staalsoorten zonder magnetische behandeling optreedt.

Het merkwaardige karakter van de B-H-kromme kan worden verklaard door aan te nemen, dat de elementaire magneetjes een voorkeursorientatie in de richting van het tijdens de warmtebehandeling aangelegde magnetische veld bezitten. Met deze verklaring strookt het feit, dat in de richting loodrecht op het tijdens de warmtebehandeling toegepaste veld juist een uitgesproken vlak verloop van de ontmagnetiseeringskromme wordt gevonden, zooals in fig. 3*c* is weergegeven. De bolheidsfactor heeft voor deze magnetiseeringsrichting slechts een waarde van 0,32, terwijl de bolheidsfactor in de richting van de voorkeursorientatie 0,66 bedraagt.

Vergelijkt men de krommen 3*b* en 3*c* met de in fig. 3*a* geteekende kromme van hetzelfde materiaal bij warmtebehandeling zonder magneetveld (bolheidsfactor 0,43), dan ziet men, dat het tijdens de warmtebehandeling toegepaste veld (van ongeveer 3000 oersted) in de daaraan evenwijdige richting zoowel B_r als H_c, als vooral $(BH)_{max}$, aanzienlijk vergroot, terwijl in de richting loodrecht daarop alle drie grootheden aanzienlijk worden verkleind.

Sinds begin 1939 wordt de nieuwe methode op groote schaal in de fabricage toegepast. Het benoodigde magnetische veld wordt hierbij met permanente magneten opgewekt, hetgeen juist door toepassen van de nieuwe magneetstaalsoorten mogelijk is geworden. Het onder de naam „Ticonal" 3,8 in de handel gebrachte product bezit een $(BH)_{max}$-waarde van 3,8 à $4 \cdot 10^6$ gauss-oersted. Hierbij wordt tevens een remanentie van meer dan 12 000 gauss bereikt. Ter vergelijking diene, dat het wegens zijn kostbaarheid technisch geheel onbruikbare platina-cobalt-staal, dat vóór het magnetisch geharde staal aan de top van de ontwikkeling stond, een $(BH)_{max}$-waarde van $3{,}4 \cdot 10^6$ gauss-oersted bezat bij een remanentie van slechts 4000 gauss.

Welke gevolgen het invoeren van de nieuwe soorten magneetstaal in de techniek zal hebben, kan nog nauwelijks worden overzien. Het is echter duidelijk, dat zoowel met het oog op nieuwe technische mogelijkheden [6]) als met het oog op de prijs van de nieuwe magneetstaalproducten zeer gun-

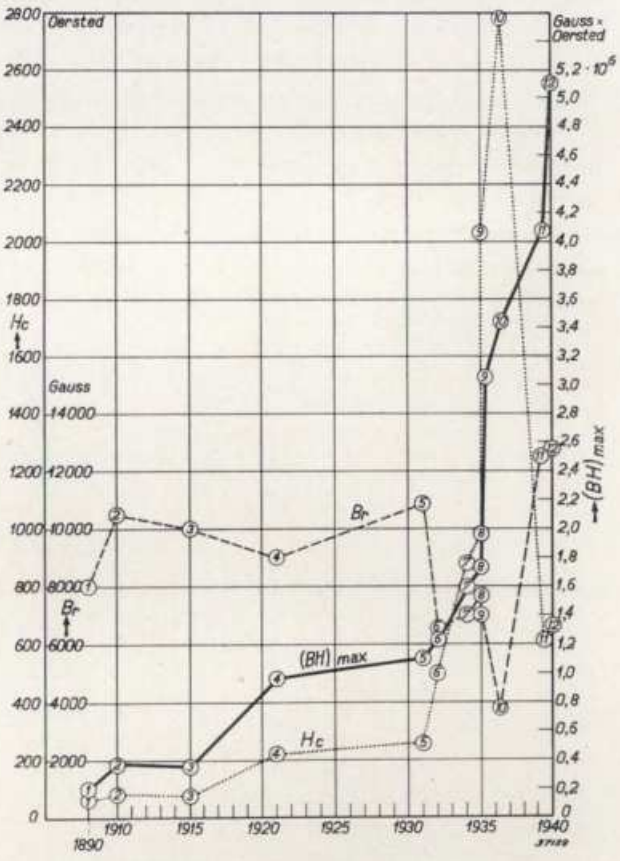


Fig. 4. De ontwikkeling van staalsoorten voor permanente magneten gedurende 50 jaren. Getrokken lijn $(BH)_{max}$, gebroken lijn remanentie, gestippelde lijn coërcitiefkracht. Het gedeelte van 1910 tot 1938 is overgenomen van E. Houdremont, Stahl & Eisen **59**, 37, 1939.

1 koolstofstaal
2 wolfraamstaal
3 chroomstaal
4 35% cobaltstaal
5 Co-Mo-staal (Köster)
6 Ni-Al-staal (Mishima)
7 Ni-Co-Ti-staal (Honda)
8 „Ticonal" 2 en 2a
9 Fe-Pt-staal
10 Co-Pt-staal
11 „Ticonal" 3,8
12 „Ticonal" 5,2

[4]) Het toepassen van een magnetisch veld bij dit ontlaten bleek geheel overbodig te zijn.

[5]) Een voorloopige mededeeling hierover werd gedaan door G. Holst op het Ned. Natuur- en Geneesk. Congres, 11 April 1939; zie de Ingenieur **54**, A 199, 1939. Uit een artikel van D. A. Oliver en J. W. Shedden, Nature, Londen **30**, 7, 1938 blijkt, dat deze onderzoekers proeven hebben gedaan over de werking van een magnetisch veld tijdens de warmtebehandeling van een zg. Alnico-staal. Hierbij werd een slechts kleine verhooging waargenomen van de remanentie en van de $(BH)_{max}$-waarde.

[6]) Zie bijv. voor het hefvermogen van het nieuwe staal Philips techn. T. **5**, 217, 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

stige perspectieven bestaan. In technisch opzicht is naast de groote $(BH)_{max}$-waarde vooral de hooge remanentie een gunstige eigenschap. Hierdoor wordt men nl. tot constructies geleid, die een betrekkelijk kleine spreiding van de magnetische flux vertoonen, zoodat men van de hooge magnetische energie per volume-eenheid van het staal ten volle profijt kan trekken voor het nuttige veld in de luchtspleet van het te construeeren toestel [7]). Daar men hierdoor een gegeven technisch probleem met een buitengewoon kleine hoeveelheid magneetstaal zal kunnen oplossen, is ook de kostprijs van de nieuwe magneetstaalproducten vrij gunstig. Verschillende van de grondstoffen, zooals cobalt en nikkel, zijn weliswaar op zichzelf tamelijk kostbaar. Berekent men echter de prijs van het magnetisch geharde „Ticonal"-staal per eenheid van magnetische energie, dan vindt men, dat deze dank zij de groote magnetische energie per eenheid van volume lager komt te liggen dan die van alle andere soorten magneetstaal, die in de laatste 20 jaren werden ontwikkeld. Samenvattend kunnen we dus concludeeren, dat de nieuwe staalsoort zeker vóórbeschikt is, de tot nu toe gebruikte magneetstaalsoorten in vele gevallen te vervangen.

Een duidelijk beeld van de ontwikkeling, welke in de laatste 50 jaren heeft plaats gehad op het gebied der magneetstaalsoorten, geeft het in *fig. 4* voorgestelde diagram. Hierbij moet men vooral letten op de getrokken lijn, die de toename van het magnetische vermogen aangeeft. *Fig. 5* laat zien, welke consequentie deze vooruitgang heeft gehad bij de constructie van luidspreker-magneetsystemen. Het totale gewicht van de afgebeelde systemen (magneetstaal + sluitstukken), welke alle in dezelfde luchtspleet hetzelfde veld opwekken, kon door verbetering van het magneetstaal stapsgewijze van 1314 g tot 296 g worden teruggebracht, waarbij het gewicht van het magneetstaal zelf van 580 g tot 74 g is gedaald. De belangrijkste gegevens van de afgebeelde magneten vindt men in onderstaande tabel. Het is duidelijk, dat de gewichts- en volumevermindering van de magneet niet alleen voor de luidspreker zelf, maar ook voor de bouw van het geheele radiotoestel een belangrijke besparing beteekenen.

Staalsoort	$(BH)_{max}$	Gewicht van magneetring	Gewicht van magneetsyst.
	gauss-oersted	g	g
Cobaltstaal (15% Co)	$0{,}6 \cdot 10^6$	580	1314
„Ticonal" 1	$1{,}2 \cdot 10^6$	325	703
„Ticonal" 2	$1{,}8 \cdot 10^6$	235	545
„Ticonal" 3,8	$4 \cdot 10^6$	104	326
„Ticonal" 5,2	$5{,}2 \cdot 10^6$	74	296

[7]) Zie het in noot [2]) aangehaalde artikel, blz. 36.

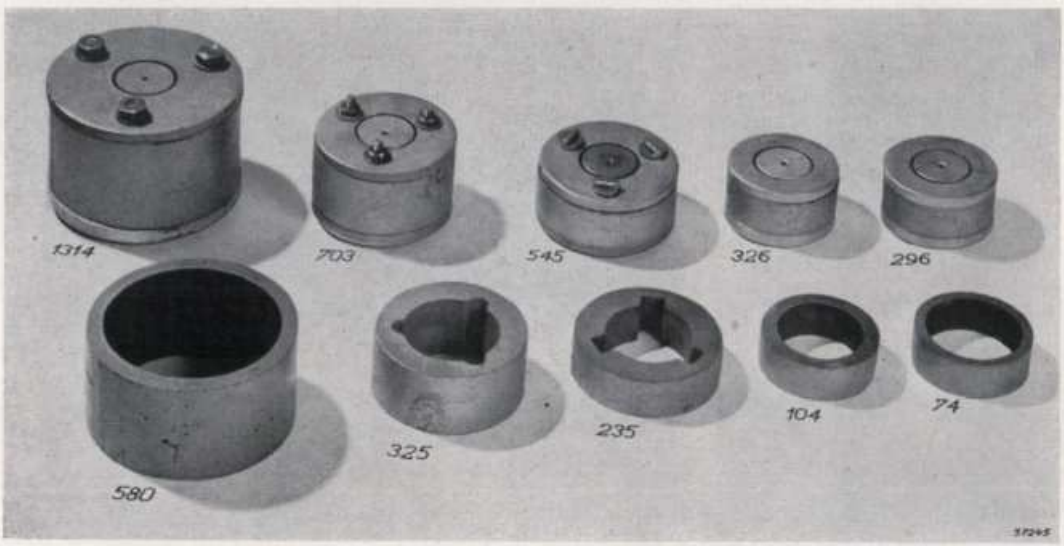


Fig. 5. Een aantal luidsprekermagneten, welke in dezelfde luchtspleet hetzelfde veld bezitten. De steeds kleiner wordende afmetingen van de magneten en van de afzonderlijk afgebeelde magneetstaalringen geven een beeld van de in den loop der jaren bereikte technische vooruitgang. De getallen geven de gewichten in grammen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

EEN UNIVERSEEL APPARAAT VOOR RÖNTGENDIAGNOSTIEK

door H. A. G. HAZEU en J. M. LEDEBOER. 621.386.1 : 616-073

Beschreven wordt een röntgenapparatuur, die voor het doorlichten en fotografeeren van alle in de medische diagnostiek voorkomende objecten kan worden gebruikt. Een der grondgedachten bij de constructie was de overweging, dat voor het verkrijgen van de best mogelijke opnamen de brandvlek van de röntgenbuis steeds tot de toelaatbare grens moet worden belast. Dit leidde tot de consequentie, dat de instelling van de buisstroom niet aan den gebruiker wordt overgelaten maar automatisch bij de keuze van de spanning en de belichtingstijd plaatsvindt. De verwezenlijking van dit principe en de invloed hiervan op de overige constructie wordt uitvoerig besproken. Tenslotte wordt ingegaan op het aansluiten van verschillende röntgenbuizen op het apparaat en op de bediening ervan, die tot de allereenvoudigste manipulaties is teruggebracht.

Bij het medisch röntgenonderzoek worden twee verschillende werkwijzen toegepast: het doorlichten en het maken van opnamen. In het eerste geval laat men de door het te onderzoeken lichaamsdeel tredende röntgenstralen op een fluorescentiescherm vallen en het hierop ontstaande schaduwbeeld wordt rechtstreeks door den medicus bekeken. In het tweede geval wordt het fluoresceerende scherm vervangen door een fotografische plaat of film, waartegen aan weerszijden een fluoresceerend folie wordt gedrukt. In het algemeen dient de doorlichting ter orientatie of voor een voorloopige diagnose, terwijl daarna voor het stellen van de definitieve diagnose en voor het verkrijgen van een objectieve documentatie de foto te hulp wordt genomen.

Naar gelang van het te onderzoeken lichaamsdeel en de dikte van den patient, moet het doorlichten resp. fotografeeren op verschillende wijzen plaatsvinden om zoo goed mogelijke röntgenbeelden te verkrijgen. Terwijl in sommige inrichtingen, bijv. in longsanatoria, vrijwel steeds dezelfde objecten (in casu de longen) worden onderzocht en de röntgeninstallatie dus geheel bij het speciale doel kan worden aangepast, is het in andere gevallen, met name in niet gespecialiseerde instituten, gewenscht om over een röntgenapparatuur te beschikken, waarmee alle mogelijke, zeer uiteenloopende onderzoekingen kunnen worden verricht. Een dergelijke installatie, het Philips Medio-D apparaat, type 11455, waarbij de nadruk gelegd is op de eisch, dat de universeele bruikbaarheid niet ten koste mocht gaan van de kwaliteit der in elk afzonderlijk geval verkregen röntgenbeelden, zal in dit artikel nader worden beschreven.

Specificatie van de te stellen eischen

Van de variabelen, die men bij het maken van röntgenopnamen in de hand heeft, zijn de volgende rechtstreeks van belang voor het ontwerpen van een apparatuur voor röntgendiagnostiek: de spanning op de röntgenbuis, de buisstroom, de grootte van de brandvlek, die de röntgenstralen emitteert, en de belichtingstijd (belastingstijd van de buis). In *tabel I* is voor eenige van de meest voorkomende objecten aangegeven, hoe deze variabelen doeltreffend kunnen worden gekozen. Hoewel het buiten het bestek van dit artikel zou vallen de aangegeven keuze tot in bijzonderheden te motiveeren, is voor een beter begrip van hetgeen volgt toch een korte toelichting bij de genoemde getallen gewenscht.

Tabel I

Opnametechniek voor röntgenfoto's van verschillende lichaamsdeelen. Met de keuze der hier genoemde grootheden gaat hand in hand de keuze van de afstand brandvlek-film, de soort van fluorescentiefolie en het al of niet gebruiken van een zg. Bucky-raster, met dien verstande, dat bij elke der aangegeven technieken ook deze factoren ondubbelzinnig zijn bepaald. Zij zijn hier echter ter vereenvoudiging weggelaten, daar zij achteraf in de constructie van het röntgenapparaat geen rol meer spelen. De getallen gelden voor een buis met stilstaande anode. Bij gebruik van een draaiende anode, die veel hooger mag worden belast (zie hieronder), komen aanzienlijk grootere stroomsterkten en kortere belichtingstijden in aanmerking.

Object	Spanning kV_{max}	Stroom mA	Diameter brandvlek mm	Belichtingstijd sec
Long	55	165	3,1	$^1/_{10}$
Maag	80*	140	3,1	$^1/_8$
Schouder	55	35	1,7	2
Schedel	80	30	1,7	2
Lendenwervel (dwars)	100	25	1,7	4

*) Door toedienen van een bariumhoudende en daardoor sterk absorbeerende pap als contrastmiddel kan de spanning hier zoo hoog worden gemaakt.

De keuze der genoemde grootheden wordt bepaald door een compromis tusschen zwarting, contrast en scherpte van de te verkrijgen opname. Toenemende buisspanning doet de contrasten dalen wegens de toenemende hardheid der opgewekte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

röntgenstralen [1]), geeft echter een grootere intensiteit op de film (grootere zwarting), daar het in de buis omgezette vermogen, het rendement van de opwekking der stralen, en het doordringend vermogen van de stralen met de spanning stijgt. Ook met toenemende buisstroom wordt een grootere zwarting verkregen wegens de toename der röntgenintensiteit met het in de buis omgezette vermogen. Dit laatste wordt echter beperkt door de verhitting van de antikathode: het materiaal hiervan kan slechts een bepaalde belasting per cm² van de brandvlek (specifieke brandvlekbelasting) verdragen zonder te smelten. Is men aan deze toelaatbare waarde toe, dan kan de röntgenintensiteit alleen nog worden opgevoerd door keuze van een grootere brandvlek. Daarmee neemt echter de scherpte van de opname af door de grootere halfschaduwbreedte. Tenslotte neemt de zwarting nog toe met de belichtingstijd; maar ook hiermee gaat, wanneer het bewegende objecten betreft, zooals long, maag enz., een grootere onscherpte gepaard.

De getallen van tabel I vertegenwoordigen (voor een bepaalde belastbaarheid van de brandvlek) tennaastebij het gunstigste compromis, dat onder deze tegenstrijdige invloeden in de diverse gevallen wordt gevonden. Hoe dit compromis is bepaald door de eigenschappen der op te nemen objecten, is nu wel eenigszins duidelijk: bij opnamen van bewegende objecten als long en maag moet men zeer kort belichten, waarvoor een groote brandvlek noodig is; bij schedelopnamen en dergelijke kan men eenige seconden belichten en dus naar een grootere scherpte streven door keuze van een kleine brandvlek; bij sterk absorbeerende objecten (met groote contrasten), zooals beenderen, maakt men de spanning hoog, bij zwak absorbeerende weefsels, zooals de longen, zijn lage spanningen vereischt; enz. Een ding echter staat voor al deze gevallen vast: voor het bereiken van een optimaal resultaat moet de brandvlek tot aan de toelaatbare grens worden belast. De toelaatbare belasting (product van stroom en spanning) hangt nog af van de belastingstijd van de buis (= belichtingstijd): bij korte belasting mag hooger worden belast dan bij lange. Heeft men dus van de drie grootheden stroom, spanning en tijd er twee gekozen, bijv. de spanning en de tijd, dan moet de derde, in casu de stroom, feitelijk niet meer als onafhankelijke variabele worden beschouwd, maar is hij vastgelegd door een verband, dat voor elke röntgenbuis verschilt en waarvan we een voorbeeld in *fig. 1* weergeven.

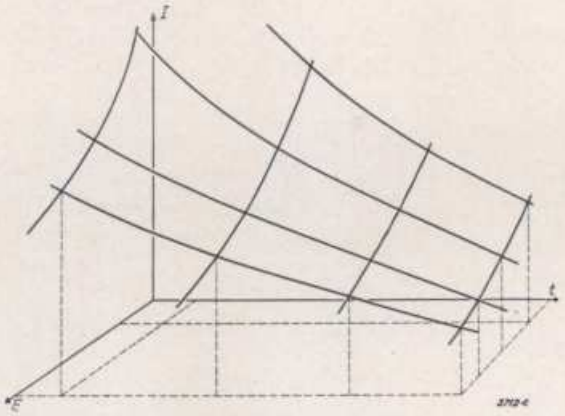


Fig. 1. Verband tusschen buisstroom I, buisspanning E en belastingstijd t, wanneer de brandvlek steeds tot de toelaatbare temperatuur wordt belast. Het geteekende oppervlak geldt voor een röntgenbuis met draaiende wolfraam-antikathode en voor belasting met zg. gecommuteerde wisselstroom (vierventielen-schakeling).

Vergelijkt men de optimaal bereikbare kwaliteit van de foto voor verschillende röntgenbuizen, dan zal ceteris paribus klaarblijkelijk die buis het winnen, waarbij de toelaatbare specifieke brandvlekbelasting [2]) het hoogst is.

Zoover over de foto. Wat het doorlichten betreft, hierbij moet men zich steeds met een geringere kwaliteit van het röntgenbeeld tevreden stellen, daar de belastingstijd hierbij zeer veel grooter is (eenige minuten) en derhalve de belastbaarheid van de buis veel kleiner [3]). Bovendien mag ook de totale röntgendosis een bepaalde waarde niet overschrijden om den patient niet te schaden. Het gunstigste, met de beperkte intensiteit bereikbare, compromis tusschen contrast en helderheid van het beeld kan de medicus tijdens het onderzoek zelf opzoeken door de spanning nog te varieeren, tot bijv. 10 kV hooger of lager dan de voor de foto te gebruiken waarde.

We kunnen nu eenige eischen preciseeren, die aan het te construeeren universeele diagnostiekapparaat moesten worden gesteld. De buisspanning moest tusschen 50 en 100 kV instelbaar zijn; de belichtingstijd tusschen eenige honderdste seconden en eenige seconden; de stroom steeds zoo, dat de brandvlek vol belast is, hetgeen naar gelang van de gebruikte buis en het op te nemen object een variatie tusschen 25 en 500 mA beteekent. Het

[1]) Zie hierover bijv. Philips techn. T. **2**, 317, 1937. Voor een vollediger behandeling van hetgeen hier sterk vereenvoudigd is voorgesteld, zie bijv. Philips techn. T. **5**, 270, 1940 en de daar aangehaalde literatuur.

[2]) Met specifieke belasting is hierbij steeds de belasting per cm² van de „schijnbare" brandvlek bedoeld; zie hierover Philips techn. T. **3**, 263, 1938.

[3]) De belastingsgrens wordt hier niet gesteld door het gevaar van smelten van de antikathode in de brandvlek, maar door het gevaar, waarin de glazen deelen van de buis worden gebracht door te groote algemeene verwarming van de antikathode.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

spreekt vanzelf, dat voor het verkrijgen van onderling vergelijkbare opnamen de ingestelde waarden goed reproduceerbaar moeten zijn.

Naast deze eischen, die de variatiemogelijkheden van de opnametechniek betreffen, doen nog eenige andere, die verband houden met de opstelling van den patient en de bij het onderzoek gevolgde werkwijze, hun invloed op de constructieve uitvoering van het apparaat gelden. De röntgenbuis en de filmcassette moeten worden opgehangen aan een statief, dat een vlugge en nauwkeurige instelling van brandvlek en film ten opzichte van den patient veroorlooft. Voor het onderzoek van verschillende organen zullen soms verschillende statieven, ieder met een eigen buis, gebruikt moeten worden. De schakelinrichting van de buis en eventueele hulpinrichtingen, alsmede het instellen van de opnamegegevens, moeten zoover worden vereenvoudigd, dat de medicus zijn aandacht hierdoor niet behoeft te laten afleiden. In sommige gevallen, met name bij het maagonderzoek, is het ook gewenscht om met doorlichten het tijdstip te kunnen vaststellen, waarop het object die stand of vorm heeft, die men op de foto wil vastleggen; het apparaat moet dan zoo ingericht zijn, dat de opname zoo snel mogelijk na het doorlichten kan geschieden. Hiermee houdt weer verband, dat het varieeren van de spanning bij het doorlichten de vooraf gemaakte instelling van de spanning voor de opname niet mag beïnvloeden, enz.

We zullen nu zien, hoe in het te beschrijven apparaat aan deze verschillende eischen is voldaan.

Overzicht van de apparatuur

De apparatuur bestaat in hoofdzaak uit de buis met statief, een hoogspanningsgenerator voor het

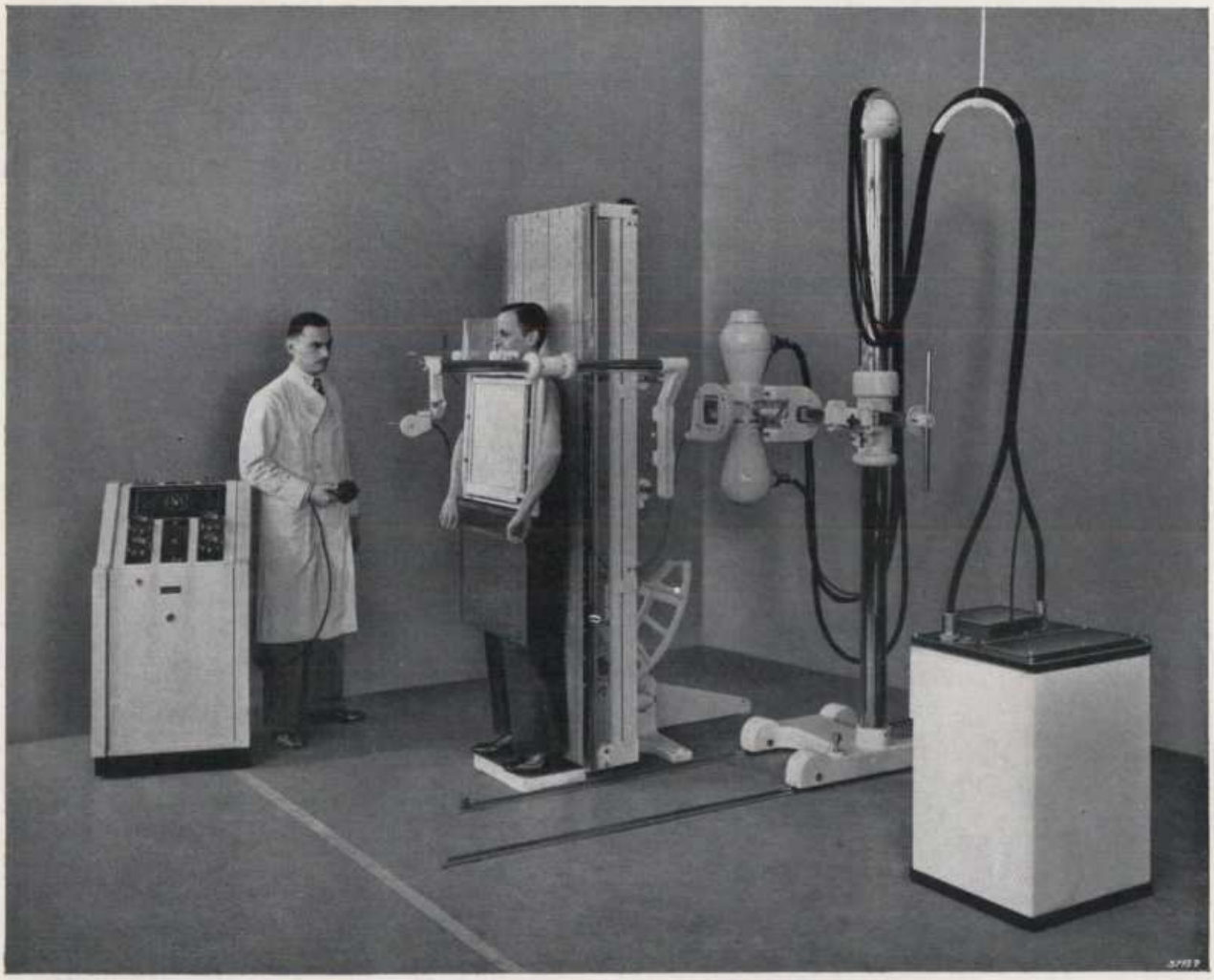


Fig. 2. Overzicht van de geheele röntgenapparatuur, op het moment van het maken van een longopname. Rechts de ijzeren, met olie gevulde bak, waarin de hoogspanningsgenerator is ondergebracht; links de bedieningslessenaar. In het midden het statief, dat het doorlichtingsscherm resp. de filmcassette draagt; daarachter de aan een verrijdbare zuil opgehangen röntgenbuis.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

voeden van de buis, een tijdschakelaar voor het in- en uitschakelen van de buisbelasting, en verschillende regelorganen, die in een bedieningslessenaar zijn vereenigd. In *fig. 2* is een foto van de geheele installatie weergegeven, terwijl *fig. 3* in groote trekken de schakeling toont.

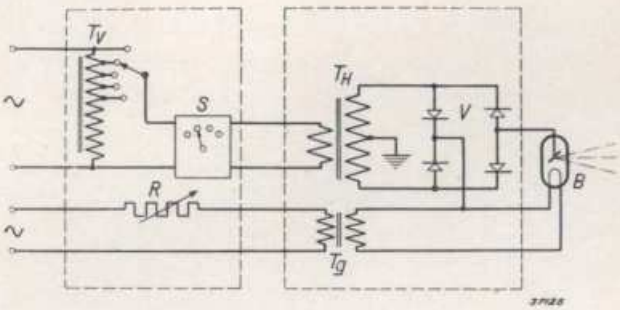


Fig. 3. Schakeling van de apparatuur (sterk geschematiseerd). T_H hoogspanningstransformator, V ventielen, B röntgenbuis, S tijdschakelaar, T_v autotransformator voor het regelen van de buisspanning, T_g gloeistroomtransformator, R weerstand voor het varieeren van de buisstroom.

De hoogspanningsgenerator bevat een op het plaatselijke net aangesloten transformator, die de vereischte hoogspanning van $E_{max} = 100$ kV levert. Deze spanning wordt met vier ventielen in de bekende Grätzschakeling gelijkgericht, zoodat op de buis een pulseerende gelijkspanning van 100 kV topwaarde wordt verkregen (*fig. 4*). Het varieeren van de buisspanning geschiedt door veranderen van de primaire spanning van de hoogspanningstransformator met behulp van aftakkingen op een tusschengeschakelde autotransformator. De gloeistroom van de buis wordt geleverd door een afzonderlijke gloeistroomtransformator; door middel van een regelbare weerstand in serie met de primaire wikkeling kan de gloeistroom en daarmee de electronenemissie van de kathode, dus de stroom door de röntgenbuis, worden gevarieerd. De gewenschte belichtingstijd tenslotte wordt verkregen met behulp van de reeds genoemde tijdschakelaar, die we hieronder nog nader zullen beschrijven en waarvan we voorloopig alleen willen vermelden, dat hiermee de belastingstijd van de buis stapsgewijze tusschen 1/50 sec en 8 sec kan worden ingesteld.

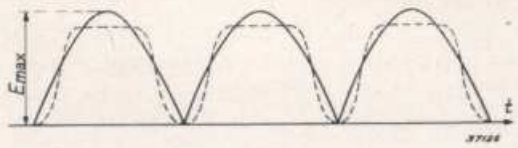


Fig. 4. Verloop van de buisspanning met de tijd. Gestippeld is het verloop van de stroom weergegeven. Deze is in fase met de spanning. In elke halve periode bereikt de stroom bij een bepaalde spanning een verzadigingswaarde, gegeven door de kathode-emissie.

Automatiseering van de instelling

In het bovenstaande hebben we gezien, dat de buisstroom, wanneer men optimale opnamen wil verkrijgen, feitelijk niet als onafhankelijke variabele moet worden beschouwd, maar bij gekozen spanning en belastingstijd voor de gegeven buis is vastgelegd door een verband als in fig. 1. Bij de door Philips ontwikkelde röntgenapparatuur is hieruit de voor de hand liggende consequentie getrokken, dat bij een opname de stroom niet door den gebruiker dient te worden ingesteld, maar automatisch bij het instellen van de spanning (die hoofdzakelijk het contrast bepaalt) en de belastingstijd (die de bewegingsonscherpte bepaalt) de daarbij behoorende, hoogste toelaatbare waarde moet krijgen.

Een dergelijke „automatiek" kan in principe op betrekkelijk eenvoudige wijze worden verwezenlijkt, zie bijv. *fig. 5*. Met de as van de spanningsregelaar is gekoppeld een „vóórkiezer", d.i. een arm, die het eene uiteinde van de primaire wikkeling van de gloeistroomtransformator achtereenvolgens kan verbinden met evenveel „hoofdkiezers" als er spanningstrappen zijn. De armen van de hoofdkiezers zijn alle gekoppeld met de as van de regelaar van de belastingstijd en elke hoofdkiezer kan de genoemde verbinding achtereenvolgens voortzetten naar evenveel aftakkingen van de gloeistroomweerstand als er tijdtrappen zijn. Heeft het apparaat m spannings- en n tijd-trappen, dan maakt men dus op de gloeistroomweerstand $m \times n$ aftakkingen; deze worden bij het justeeren van de geheele inrichting zoo ingesteld, dat bij elke der $m \times n$ mogelijke combinaties van spannings- en tijd-waarden de daarbij behoorende stroomwaarde wordt verkregen.

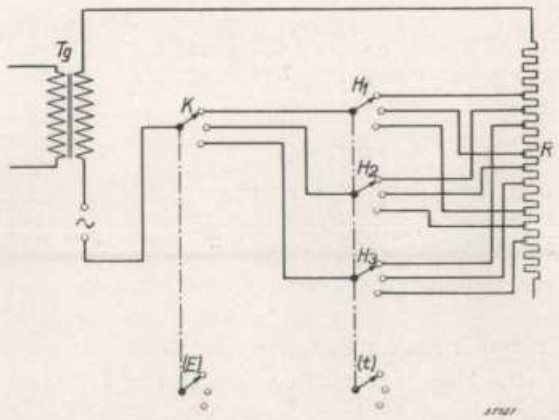


Fig. 5. Principeschema van de automatische instelling van de buisstroom. T_g gloeistroomtransformator, R weerstand, voorzien van evenveel aftakkingen als er spanning-tijd-combinaties mogelijk zijn. K vóórkiezer, gekoppeld met de spanningsregelaar (E). $H_{1, 2, 3 \ldots}$ hoofdkiezers, gekoppeld met de tijdregelaar (t).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

De spanning moet regelbaar zijn in stappen van ongeveer 2,5 kV; voor het geheele variatiegebied van 50 tot 100 kV heeft men dus ongeveer 20 spanningstrappen. Tot evenveel trappen komt men voor de belichtingstijd, zoodat dus niet minder dan 400 aftakkingen op de gloeistroomweerstand zouden moeten worden aangebracht. Gelukkig blijkt men in de practijk met een aanzienlijk kleiner aantal te kunnen volstaan. Men kan nl. het *E-I-t*-oppervlak van fig. 1 benaderen door een trapjesvlak, zooals in *fig. 6* is aangegeven. Alle spanningstrappen zijn hier in drie groepen samengevat; evenzoo alle tijd-trappen. Voor elke spanningsgroep is er in de

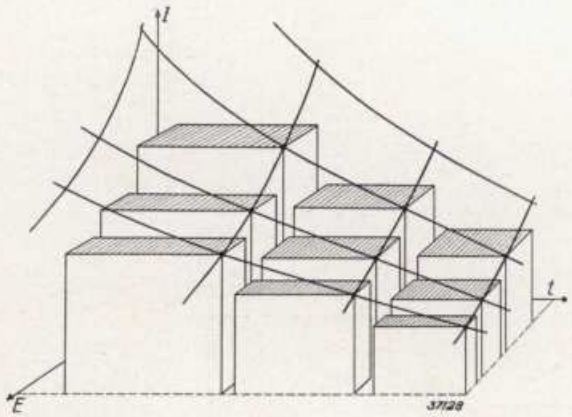


Fig. 6. Benadering van het gebogen oppervlak van fig. 1 door een trapjesvlak. Op de gearceerde platte deelvlakken is de stroom constant.

automatiek één hoofdkiezer, die voor elke tijdgroep één aftakking kiest [4]). Er wordt dus bij elke van de negen groepscombinaties één stroomwaarde ingesteld. Alleen voor de hoogste spanning en de langste tijd van elke groepscombinatie wordt nu de toelaatbare belasting werkelijk bereikt. Bij lagere spanningen en kortere tijden in dezelfde groep kan de belasting tot 30% beneden de toelaatbare waarde blijven; dit heeft echter nog geen belangrijk verschil der opnamekwaliteit ten opzichte van de optimaal bereikbare tengevolge.

Voor het doorlichten wordt een met de hand te bedienen regelweerstand in de gloeistroomketen geschakeld. Door middel van een voorschakelweerstand wordt daarbij er voor gezorgd, dat de buisstroom bij het doorlichten nooit boven de toelaatbare waarde kan worden opgevoerd.

Het spanningsverlies

Tot nu toe hebben wij de zaak zoo voorgesteld, alsof de spanning op de buis geheel onafhankelijk van de buisstroom kan worden ingesteld. In werkelijkheid moet er rekening mee worden gehouden, dat bij stroomdoorgang door de buis een zeker spanningsverlies optreedt, dat toeneemt met de stroomsterkte. Dit verlies, dat bij sommige apparaten tot 20 kV kan bedragen, wordt veroorzaakt door de weerstanden van de hoogspanningstransformator, de schakelinrichting, de toevoerleidingen naar de generator enz. en door het spanningsverval in de ventielen. Op zichzelf zou het natuurlijk mogelijk zijn, het spanningsverlies eenvoudig door een dienovereenkomstig hoogere instelling van de transformatorspanning te compenseeren. Dit heeft echter nadeelen in verband met de hier toegepaste automatiek. Wil men bijv. met een buisspanning van 60 kV gedurende 1/5 sec belichten, dan levert de automatiek voor een bepaalde buis hierbij een buisstroom van 260 mA. Stel, dat het spanningsverlies hierbij 20 kV bedraagt, dan moet de transformatorspanning 80 kV zijn (hiermee zijn steeds topwaarden bedoeld). Wanneer nu de gebruiker de spanning één trap verhoogt, dus tot 82,5 kV, komt hij in de volgende spanningsgroep terecht, waarbij met 1/5 sec een buisstroom van slechts 210 mA wordt ingesteld; het spanningsverlies is hierbij aanzienlijk kleiner, bijv. 16 kV, de verkregen buisspanning is derhalve 82,5—16 = 66,5 kV. Het geheele spanningsgebied tusschen 60 en 66,5 kV wordt dus in één trap gepasseerd zonder de mogelijkheid van een fijnere regeling.

Om dit nadeel te vermijden werd er naar gestreefd, het spanningsverlies in de geheele apparatuur zooveel mogelijk te beperken. Hiervoor is in de eerste plaats een zware hoogspanningstransformator met slechts geringe weerstand toegepast. Evenzoo is voor de spanningsregeling een autotransformator met dikke wikkeling genomen en een schakelwals met breede contacten en dikke verbindingsleidingen. Voorts zijn voor de gelijkrichterschakeling gloeikathodeventielen met gasvulling gebruikt, die een spanningsverval in de doorlaatrichting van slechts enkele tientallen volt hebben [5]). Een niet onbelangrijk gedeelte van het nog overblijvende spanningsverlies wordt veroorzaakt door de weerstand van het plaatselijke net zelve, aangezien het apparaat kortstondig vermogens tot 15 kW kan opnemen. Daar deze netweerstand in verschillende installaties sterk kan verschillen, terwijl het toch gewenscht is, steeds dezelfde spanningsverliezen en daarmee dezelfde opnamegegevens te verkrijgen, is in serie met de netaansluiting nog een instelweerstand opgenomen, die

[4]) In werkelijkheid is de automatiek in het beschreven toestel nog iets anders uitgevoerd, voor het gemak kunnen we echter, voor hetgeen volgt, deze eenvoudige beschrijving ten grondslag leggen.

[5]) Deze hoogspanningsventielen werden reeds beschreven in Philips techn. T. 1, 8, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

de plaatselijke netweerstand voor alle installaties tot eenzelfde waarde aanvult. In *fig. 7*, die nog eenige details van de primaire keten toont, is dit nader toegelicht. Het spanningsverlies in het net bedraagt nu bij 260 mA steeds 4 kV; hierbij komen nog 3 kV verlies in de hoogspanningstransformator, 0,1 kV in de ventielen, enz., tot een totaal verlies van ca 10 kV.

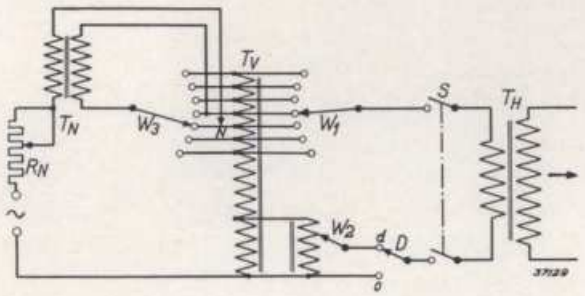


Fig. 7. De primaire spanning van de hoogspanningstransformator T_H wordt geregeld door met de contactarm W_1 verschillende aftakkingen op de autotransformator T_v te kiezen. Voor het doorlichten komt schakelaar D op d (o is voor opnamen) te staan en kan men de spanning met behulp van W_2 nog $\pm$ 10 kV varieeren. Door geschikte keuze van de aansluiting N kan het apparaat bij verschillende nominale netspanningen (tusschen 150 en 400 V) worden gebruikt. Teneinde bij een variatie van de netspanning toch steeds dezelfde hoogspanningswaarden bij bepaalde instelling van W_1 en W_2 te verkrijgen, kan de ingangsspanning van de autotransformator nog eenigszins worden gewijzigd met behulp van de hulptransformator T_N en de schakelarm W_3. S hoofdschakelaar. R_N instelweerstand, waarmee het spanningsverlies voor alle installaties even groot kan worden gemaakt.

Reproduceerbaarheid van de instelling

Behalve door de eisch van een gering spannings-verlies is de beschreven wijze van automatiseeren ook door de hooge eischen aan de reproduceerbaarheid van invloed op de constructie van de geheele apparatuur. Aangezien de buisstroom hier gevarieerd wordt door veranderen van de gloeistroom, is in de eerste plaats noodig, dat de electronenemissie van de gloeikathode volkomen constant is. Wanneer de emissie tijdens de levensduur van de buis een weinig terugloopt, gaat de kwaliteit der opnamen reeds achteruit; bij de geregeld plaatsvindende contrôles moeten dan derhalve de aftakkingen op de gloeistroomweerstand opnieuw worden ingesteld en bij de veranderde emissie-eigenschappen aangepast. Gevaarlijker dan dit langzame verloopen zouden tijdens het bedrijf optredende variaties van de gloeispanning en van de weerstanden in de gloeistroomketen zijn, aangezien de emissie zeer sterk van de gloeistroom afhangt en aangezien hierbij in plaats van een achteruitgang der beeldkwaliteit ook een overbelasting van de buis zou kunnen optreden. De gloeispanning wordt constant gehouden, dwz. onafhankelijk gemaakt van netspanningsschommelingen (en van een eventueele netspanningsdaling tengevolge van de groote stroomsterkte tijdens de opname), door vóór de gloeistroomtransformator een „stabilisator" te schakelen [6]). De weerstanden in de gloeistroomketen moeten vooral gevrijwaard zijn voor te groote verwarming, die het soortelijk geleidingsvermogen zou doen varieeren. Dit geldt in het bijzonder voor de gloeistroomtransformator, die met de hoogspanningstransformator en de ventielen in één oliebak is ondergebracht en derhalve door deze onderdeelen te sterk zou kunnen worden verwarmd. Dank zij de reeds vermelde zware dimensioneering van de transformator en dank zij het gebruik van gasgevulde ventielen, waarin oxydkathoden kunnen worden toegepast, die reeds met ca 10 W gloeistroomvermogen de noodige emissie leveren, is echter de verwarming van de geheele generatorkast tot een onschadelijk niveau teruggebracht.

De tijdschakelaar

Evenals stroom en spanning moet ook de belastingstijd zeer nauwkeurig, bijv. tot op enkele procenten, reproduceerbaar zijn, om de brandvlek op de juiste wijze te belasten. Dit is geen geringe eisch, wanneer men bedenkt, dat het hier gaat om het schakelen van vermogens tot 15 kW (naar gelang van de gebruikte röntgenbuis) gedurende tijden, die tusschen eenige honderdste seconden en eenige seconden moeten kunnen worden ingesteld.

Het schema van de hiervoor ontwikkelde tijdschakelaar is in *fig. 8b* weergegeven. Om zijn werking duidelijk te maken beschouwen we eerst het sterk vereenvoudigde schema van fig. 8*a*. Het schakelen van de buisspanning (hoofdschakelaar S) geschiedt door middel van een relais Sp, dat bekrachtigd wordt door een transformator T_1 via de relaisbuis L_1. Een dergelijke relaisbuis (gasgevulde triode) kan alleen ontsteken, wanneer zoowel het rooster als de anode een voldoend hooge spanning hebben ten opzichte van de kathode, en alleen dooven, wanneer de anodespanning negatief wordt (resp. onder een bepaalde waarde daalt). Zoolang de drukknopschakelaar A open is, is het rooster G_1 positief ten opzichte van de kathode. Na het sluiten van A ontsteekt dus de relaisbuis, zoodra de anodespanning voldoende positief is; het relais krijgt stroom en sluit de schakelaar S, de belasting van de röntgenbuis begint. Met het door nul gaan van de voedende wisselspanning dooft de relaisbuis, terwijl zij een halve periode later opnieuw ont-

[6]) Zie Philips techn. T. **2**, 276, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

steekt. Stellen we ons nu eerst voor, dat de tijd van afvallen van het relais zoo groot is, dat de stroomlooze perioden (waarin de anode van L_1 negatief is) er door worden overbrugd, dan zal de hoogspanningsketen steeds gesloten blijven. Tegelijk met het sluiten van de hoofdschakelaar S heeft het relais echter de hulpschakelaar F geopend, waardoor de batterij B via de weerstand R_1 de condensator C begint te laden. Hierdoor wordt het met de bovenste condensatorplaat verbonden rooster G_1 geleidelijk minder positief en na een bepaald tijdsverloop, dat door regelen van R_1 kan worden ingesteld, negatief ten opzichte van de kathode. Nu is het herontsteken van de relaisbuis na de eerstvolgende negatieve periode van de anodespanning niet meer mogelijk, het relais Sp valt uit, de belasting van de röntgenbuis is geëindigd. (Door speciale maatregelen wordt er voor gezorgd, dat de schakelaar niet „repeteert", dus na het herstellen van de begintoestand niet direct opnieuw inschakelt.)

Door variatie van R_1 (en eventueel van C) kan de belastingstijd binnen wijde grenzen worden ingesteld. De reproduceerbaarheid zou echter hierbij nog geenszins bevredigend zijn. Immers, naar gelang het moment van inschakelen van A aan het begin of aan het einde van de positieve periode van de wisselstroom valt, kan de belastingstijd reeds 1/100 sec (een halve periode) uiteenloopen. Nog erger zijn de verschillen, die kunnen optreden door het meer of minder snel afvallen van het relais, dat volgens het bovenstaande betrekkelijk traag moest werken. Deze nadeelen zijn bij de werkelijke uitvoering (fig. 8*b*) als volgt vermeden. Voor de bekrachtiging van het relais is nog een tweede relaisbuis L_2 aangebracht, waarvan het rooster normaal door de gelijkspanningsbron B_1 negatief wordt gehouden. Dooft echter de buis L_1, dan wordt in de secundaire wikkeling Sp_2 van het relais Sp een spanningsstoot veroorzaakt, die het rooster van L_2 even positief maakt, juist op het oogenblik, dat de anodespanning van L_2 positief wordt, zoodat L_2 nu ontsteekt en een halve periode stroom doorlaat. De buis L_2 „volgt" dus altijd de buis L_1 en vult de door deze geleverde gelijkstroomstooten in de tusschengelegen halve perioden aan. Nu is het derhalve niet noodig het relais een lange afvaltijd te geven voor het overbruggen van deze halve perioden. Door de afvaltijd integendeel zoo kort mogelijk te maken, wordt ook de speling

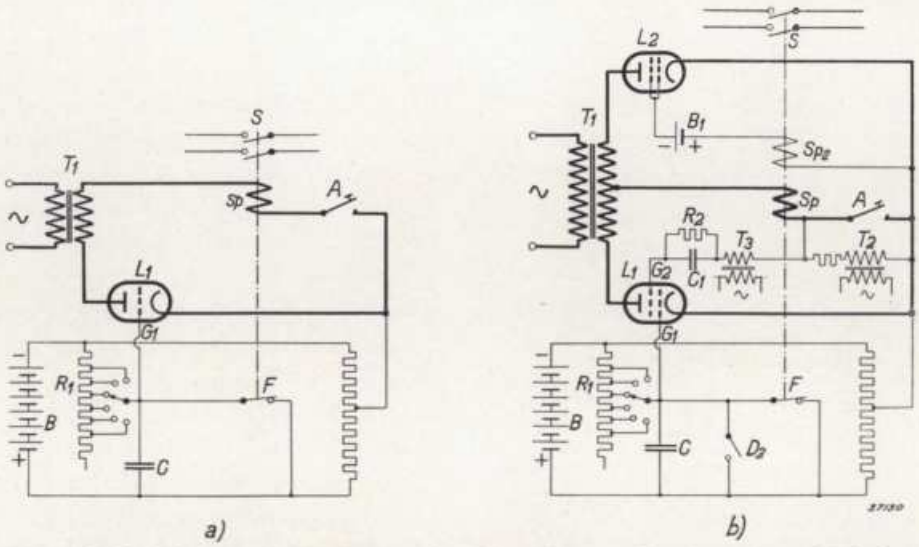


Fig. 8. Tijdschakelaar. *a*) Principe van de tijd-instelling: na het inzetten van de druknopschakelaar A ontsteekt de relaisbuis L_1; het relais Sp schakelt met S de hoogspanningstransformator in, maar tevens opent het met F de kortsluiting van de condensator C. De snelheid, waarmee C door de batterij B geladen wordt, dwz. de instelling van de regelweerstand R_1, bepaalt de tijd, gedurende welke de relaisbuis stroom kan doorlaten.

b) Vollediger schema. Hierbij is o.a. een „isochroon" schakelen van het relais verzekerd, dwz. in- en uitschakelen vinden steeds op de nulpunten van het spanningsverloop plaats. De condensator C_1 is in de rusttoestand (A geopend) door de hulptransformator T_2 en dank zij de gelijkrichtwerking van de gloeikathode zoodanig geladen, dat het tweede rooster G_2 van de relaisbuis L_1 negatief is. Bij het sluiten van A kan dus de relaisbuis niet direct ontsteken; doordat nu echter de laadspanning van C_1 is kortgesloten, ontlaadt C_1 zich geleidelijk over R_2, de potentiaal van G_2 stijgt langzaam tot kathodepotentiaal. Door de kleine transformator T_3 komt hierbij nog een wisselspanning op G_2, die G_2 juist positief doet worden op het oogenblik, waarop ook de anode weer positief wordt. Op dit oogenblik ontsteekt dus de buis, onafhankelijk van het moment van sluiten van A. — Het uitschakelen geschiedt vanzelf steeds „isochroon", daar de relaisbuizen, onafhankelijk van de roosterspanning, steeds dooven, wanneer de anodespanning negatief wordt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

in deze tijd verminderd en daarmee de reproduceerbaarheid verhoogd.

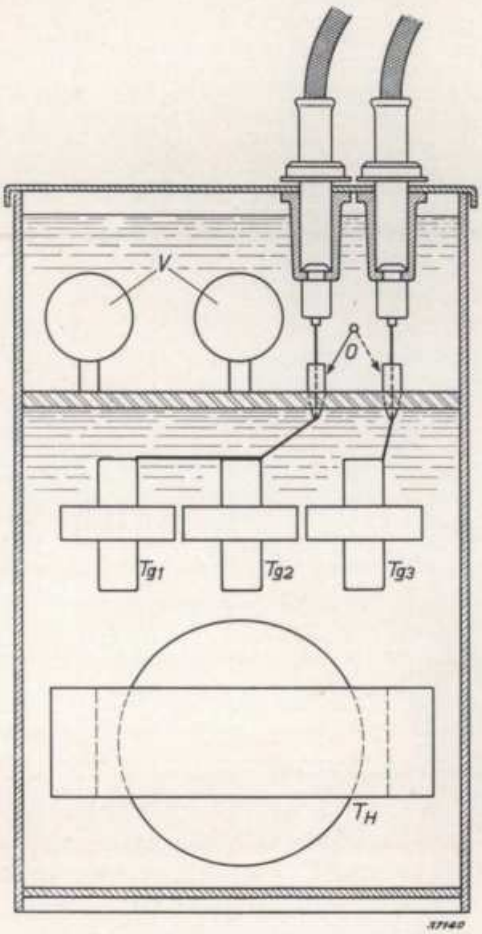
Voor het verkrijgen van een korte afvaltijd moeten de bewegelijke deelen van het relais licht worden gehouden. Dit zou niet mogelijk zijn, wanneer het relais het volle vermogen zou moeten schakelen, daar dan ter beperking van de slijtage zware contacten noodig zouden zijn. Daarom is er voor gezorgd, dat het in- en uitschakelen „isochroon" geschiedt, dwz. steeds op tijdstippen, waarop de spanning (en daarmee in ons geval ook de stroom) door nul gaat. Tevens vervalt hiermee de reeds genoemde onnauwkeurigheid door de willekeurigheid van het moment van sluiten van de schakelaar *A*. Hoe het isochroon schakelen is gewaarborgd, is in het onderschrift van fig. 8 nog nader uiteengezet.

Het aansluiten van verschillende röntgenbuizen

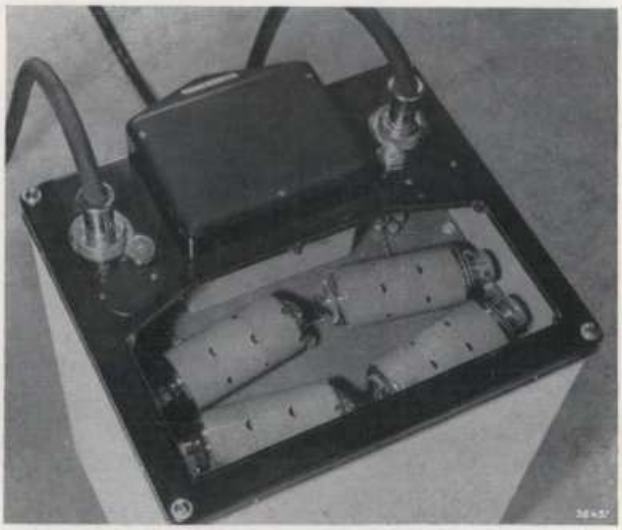
De in het begin gegeven uiteenzetting over de opnametechniek leidt tot de conclusie, dat men voor elk object een bepaalde gunstigste grootte van de brandvlek zou moeten kiezen. Nu is de grootte van de brandvlek in een bepaalde buis eens voor al vastgelegd door de vorm en afmetingen van de kathode. Men zou dus feitelijk voor elk soort objecten een afzonderlijke röntgenbuis met bepaalde kathode er op na moeten houden. Voor kleinere ziekenhuizen, waar aan deze eisch om financieele redenen bezwaarlijk zou kunnen worden voldaan, is een buis geconstrueerd, die twee afzonderlijke gloeikathoden bevat, die naar keuze kunnen worden ingeschakeld. Hiermee zijn althans twee verschillende brandvlekken ter beschikking, bijv. één van 3,1 mm diameter voor bewegende objecten (long, maag enz.) en één van 1,7 mm diameter voor vaststaande objecten (schedel, schouder enz.). Een betere oplossing is het gebruik van een röntgenbuis met draaiende anode („Rotalix"-buis [7]), waarbij de toelaatbare specifieke brandvlekbelasting een factor 6 à 10 hooger is dan bij stilstaande anode en derhalve ook met een kleine brandvlek reeds voldoende intensiteit voor opnamen van bewegende objecten wordt verkregen.

De hier beschreven apparatuur is speciaal uitgewerkt voor aansluiting van deze beide buizen, waartoe de generator van twee stel kabelaansluitingen is voorzien, waartusschen met een ingebouwde hoogspanningsomschakelaar kan worden

[7]) Zie Philips techn. T. **3**, 296, 1938.



a



b

Fig. 9. *a*) Montage van de hoogspanningstransformator T_H, de drie gloeistroomtransformatoren T_g en de vier ventielen *V* in een met olie gevulde ijzeren bak (afmetingen ca 80 × 50 × 50 cm). Daar de ventielen toegankelijk moeten zijn voor contrôle, uitwisselen enz., de transformatoren echter, waarbij de isoleerende olie tevens als impregneermiddel dient, zorgvuldig afgesloten moeten blijven, is de bak door een horizontaal schot in twee deelen gescheiden. In fig. 9*b* kijkt men in het (nog niet met olie gevulde) bovenste gedeelte, waarin de ventielen zijn ondergebracht. Hierin bevindt zich ook de hoogspanningsomschakelaar *O* voor de twee stellen aansluitingen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

gekozen. Hierbij deden zich nog enkele problemen voor, vooral wat de kathodevoeding betreft. De kathode en daarmee ook de secundaire wikkeling van de gloeistroomtransformator, komt op hoogspanning te staan, aangezien het middelpunt van de buisspanning aan aarde is gelegd teneinde slechts de halve hoogspanning tegen aarde te moeten isoleeren. Het feit, dat de kathode op hoogspanning komt, leidde er eenerzijds toe de gloeistroomtransformator in de oliebak van de generator te monteeren (zie hierboven), anderzijds bracht het de wenschelijkheid mee, in de kathodekring zoo weinig mogelijk schakelmanipulaties uit te voeren. Derhalve zijn in de generator drie gloeistroomtransformatoren ondergebracht (zie *fig. 9*). De secundaire wikkelingen van twee er van zijn verbonden met een pool van het ééne stel hoogspanningsaansluitingen en kunnen de twee kathoden van een hierop aangesloten buis met dubbele brandvlek voeden. De secundaire wikkeling van de derde is

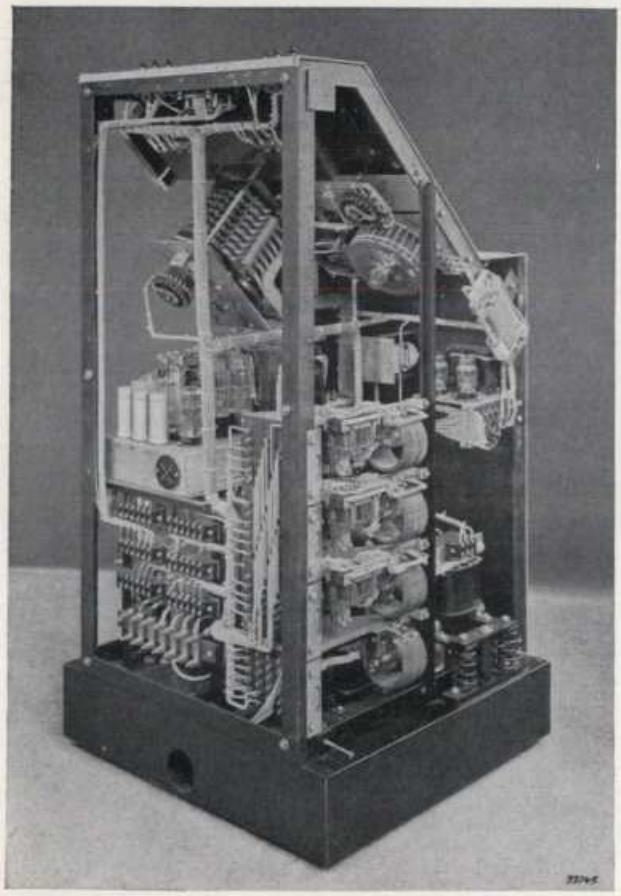


Fig. 10. Binnenaanzicht van de bedieningslessenaar. Rechts vooraan ziet men drie boven elkaar gemonteerde „automatiek"-eenheden, dwz. gloeistroomweerstanden met schakelcontacten, voor drie verschillende kathoden. Zijn nog meer buizen op het apparaat aangesloten, dan wordt voor elke kathode nog een eenheid toegevoegd. Onder het deksel de schakelwalsen van de spanningsregelaar enz. Links daaronder de tijdschakelaar.

Fig. 11. Het schakelbord van de bedieningslessenaar. Door de zg. buizenkiezer *F* worden hoogspanning, gloeispanning, „automatiek", enz. alle tegelijk op de in gebruik te nemen röntgenbuis overgeschakeld. De andere knoppen dienen voor de instelling van de tijd (*G*), de grove en fijne regeling van de buisspanning (*B* en *C*), de regeling van spanning en stroom bij het doorlichten (*E* en *D*) en het corrigeeren van de netspanning (*A*; gecontroleerd met voltmeter *H*). Links op de haak een handschakelaar, waarmee de medicus op willekeurige afstand van de lessenaar het apparaat bij het doorlichten en bij het maken van opnamen kan in- en uitschakelen.

verbonden met een pool van het tweede stel hoogspanningsaansluitingen. Er behoeft dus bij het overgaan op een andere buis resp. brandvlek alleen in de primaire ketens van de gloeistroomtransformatoren te worden geschakeld.

Behalve het omschakelen van de hoogspanning en de kathodevoeding moet er ook voor gezorgd worden, dat de „automatiek" van de buisstroomregeling voor elke buis (resp. elke gloeidraad) klopt. Dit is op eenvoudige wijze verwezenlijkt door voor elke buis (resp. gloeidraad) een eigen gloeistroomweerstand te gebruiken, waarvan de negen aftakkingen afzonderlijk zijn ingesteld. *Fig. 10* toont, hoe deze „automatiek"-eenheden in de bedieningslessenaar worden gemonteerd. Bij aansluiting van nog meer röntgenbuizen op het apparaat (waarvoor dan een afzonderlijke hoogspanningsomschakelaar noodig is) kunnen nog meer dergelijke eenheden, tot zes in totaal, worden ingebouwd.

Het omschakelen van de hoogspanning geschiedt tegelijk met het omschakelen van de kathode, van de voorschakelweerstand voor de doorlichtgloeistroom (zie hierboven) en van de automatiek, door middel van relais, die alle gezamenlijk worden bediend door een op de lessenaar aangebrachte buizenkiezer (*fig. 11*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Het werken met het apparaat

Het apparaat is zoo ingericht, dat na inschakelen van de netspanning normaal alles gereed is voor doorlichten: de buis krijgt een kleine gloeistroom, de afzonderlijke spanningsregelaar (W_2 in fig. 7) is ingeschakeld, de tijdschakelaar is buiten werking (D_2 in fig. 8*b* gesloten). Ondertusschen kan echter de gewenschte spanning en tijd voor een opname reeds worden ingesteld, zonder dat dit het doorlichtingsbeeld beïnvloedt.

Voor het maken van de opname moet nu, behalve het omzetten van de diverse schakelaars (D in fig. 7, D_2 in fig. 8*b*, meetbereik van de mA- en mAsec-meters K en L op de bedieningslessenaar enz.), de gloeikathode de ingestelde hoogere emissie leveren en, voor zoover een „Rotalix"-röntgenbuis wordt gebruikt, de anode op toeren worden gebracht. Dit vraagt eenige tijd en wel in beide gevallen ongeveer 0,8 sec. De medicus, die het toestel bedient, behoeft zich echter om al deze dingen niet te bekommeren: alle omschakelingen worden automatisch bewerkstelligd door drukken op de knop van een handschakelaar, terwijl een vertragingsrelais er voor zorgt, dat de tijdschakelaar eerst 0,8 sec hierna in werking kan treden.

Ook andere mechanismen, die bij de opname te pas komen, kunnen met de handschakelaar worden gekoppeld, bijv. een bewegend raster voor het verzwakken van strooistralen of een mechanisme voor het op zijn plaats brengen van de filmcassette. Het laatste wordt met name gedaan bij het zg. maag-serie-onderzoek, dat wij in het begin reeds aanstipten. Hierbij wordt door het neerdrukken van de knop „opname" tevens door een electrisch bediend mechanisme een film voor het doorlichtingsscherm geschoven, zoodat tusschen het doorlichten en de opname niet meer tijd dan de vermelde 0,8 sec verstrijkt. Op deze wijze zijn de vereischte bedieningsmanipulaties teruggebracht tot het vooraf instellen van tijd en spanning en het indrukken van de knoppen „doorlichten" en „opname".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

HET OPNEMEN VAN DIAGRAMMEN MET DE ELECTRISCHE DRUKINDICATEUR

door P. J. HAGENDOORN en M. F. REYNST. 531.787.9

Nadat in een vorig artikel in dit tijdschrift een uitvoerige beschrijving is gegeven van de door Philips ontwikkelde electrische drukindicateur voor verbrandingsmotoren, wordt nu nader ingegaan op de verschillende soorten van diagrammen, die met deze apparatuur kunnen worden opgenomen. Uitvoerig wordt daarbij de constructie van de zuigerslag-opnemer besproken, waarmee een afbuiging van de kathodestraal, evenredig met de verplaatsing van de zuiger, wordt verkregen. Voor de bedrijfscontrôle van groote motoren, bijv. in Dieselcentrales, zijn speciale hulpmiddelen ontwikkeld, die hier eveneens, zij het dan in het kort, worden behandeld. Deze onderzoekingen zijn verricht in samenwerking met het proefstation der Bataafsche Petroleum Maatschappij te Delft, dat hiervoor welwillend zijn motortechnische installaties ter beschikking stelde en het ons bij de ontwikkeling van deze drukindicateur mogelijk maakte om dit toestel volledig te laten voldoen aan de in motortechnische kringen gestelde eischen. Speciaal op het gebied van snelloopende Dieselmotoren en vliegtuigmotoren deden wij in dit proefstation rijke ervaringen op. Tevens vermelden wij in dit verband gaarne de samenwerking, die wij op dit gebied evenzoo mochten hebben met de beproevingsafdeeling van de N.V. Werkspoor te Amsterdam, waar wij gedurende meer dan een jaar soortgelijke ervaringen opdeden op het gebied van snelloopende Dieselmotoren van groot vermogen.

Met behulp van de drukindicateur GM 3154, die in een voorafgaand artikel is beschreven [1]), kan het drukverloop in de cylinder van een verbrandingsmotor zichtbaar worden gemaakt op het scherm van een kathodestraalbuis. De drukvariaties worden hierbij eerst omgezet in capaciteitsvariaties van een condensator, waarvan de ééne electrode gevormd wordt door een membraan in de cylinderwand (drukopnemer). De verkregen capaciteitsvariaties worden gebruikt voor het moduleeren van een draaggolf, waaruit na versterking en gelijkrichting de vereischte spanning voor de verticale afbuiging van de fluorescentiestip wordt verkregen. Wat de horizontale afbuiging betreft, hierbij kan op twee manieren te werk worden gegaan: zij kan evenredig worden gemaakt hetzij met de tijd, hetzij met de verplaatsing van de zuiger, dus met het volume (nauwkeuriger: de toename van het volume) van de verbrandingsruimte. In dit artikel willen we wat nader ingaan op de wijze, waarop deze twee soorten diagrammen en allerlei varianten hiervan worden verkregen, alsmede op de verschillende hulpapparaten, die hiervoor zijn ontwikkeld.

Druk-tijd-diagrammen

Een horizontale afbuiging van de kathodestraal, evenredig met de tijd, verkrijgt men door aan het desbetreffende platenstel van de kathodestraalbuis een spanning toe te voeren van de in *fig. 1* weergegeven vorm. Voor het opwekken van deze zaagtandspanning wordt in de drukindicateur een tijdasgenerator gebruikt, die geheel overeenkomt met die van de kathodestraaloscillograaf GM 3156, welke onlangs in dit tijdschrift werd beschreven [2]).

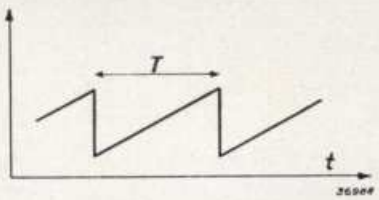


Fig. 1. Zaagtandvormige spanning voor het opnemen van diagrammen met de tijd als abscis.

Fig. 2 toont een normaal druk-tijd-diagram van een viertactmotor, dat op deze wijze is opgenomen. Om hierbij een stilstaand beeld op het fluorescentiescherm te verkrijgen is het vereischt, dat de periode van de tijdbasis (*T* in fig. 1) precies gelijk is aan

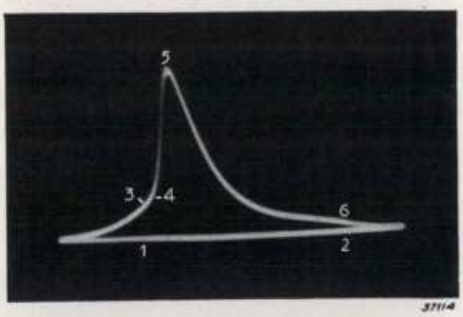


Fig. 2. Normaal druk-tijd-diagram van een viertactmotor, opgenomen met de drukindicateur GM 3154. De tijdbasis is gelijk aan één omwenteling. — Deze foto, evenals de opnamen fig. 3, 4, 7, 12, 13 en 14, zijn ons welwillend ter beschikking gesteld door de Bataafsche Petroleum Maatschappij, Proefstation Delft. Ook fig. 12 in het aangehaalde artikel [1]) is uit dit proefstation afkomstig.

[1]) P. J. Hagendoorn en M. F. Reynst, Een electrische drukindicateur voor verbrandingsmotoren, Philips techn. T. 5, 360, 1940.

[2]) S. L. de Bruin en C. Dorsman, Een kathodestraaloscillograaf voor de werktuigbouw, Philips techn. T. 5, 289, 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

de halve grondperiode van het diagram, dus aan de tijd van één omwenteling van de krukas. Door regeling van de tijdasgenerator kan de periode van de tijdbasis ongeveer op de gewenschte waarde worden ingesteld, terwijl dan de exacte synchronisatie met de motor wordt verwezenlijkt door een extra spanningsstoot, die bij Dieselmotoren éénmaal per omwenteling via een op de krukas gemonteerde contactschijf aan de tijdasgenerator wordt toegevoerd en bij benzinemotoren met behulp van de spanningsstoot van de bougie.

In het diagram fig. 2 onderscheidt men de volgende processen: het aanzuigen van het gasmengsel in de verbrandingsruimte (*1-2*) bij een druk, iets kleiner dan 1 atm; het comprimeeren van de lucht (*2-3*); bij *3* het ontsteken en het begin van de verbranding (*3-4*); de verbranding (*4-5*), waarbij de druk snel tot een topwaarde (*5*) stijgt; de expansie van de verbrande en verhitte gassen (*5-6*); het uitdrijven van deze gassen (*6-1*). Ter-

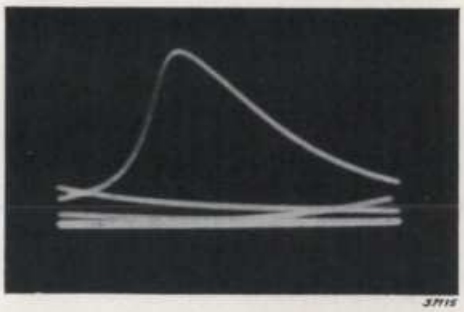


Fig. 3. Zelfde diagram als fig. 2, opgenomen op grootere schaal. De tijdbasis was hierbij gelijk gemaakt aan een halve omwenteling van de krukas.

wijl het aanzuigen, comprimeeren, expandeeren en uitdrijven betrekkelijk eenvoudige processen zijn, min of meer vastgelegd door de afmetingen van de cylinder, de klepopeningen, enz., is het drukverloop van *3* tot *5*, dus het verloop van de verbranding, van velerlei invloeden afhankelijk, die men niet zonder meer in de hand heeft. Hier kunnen daardoor het gemakkelijkst afwijkingen optreden van de normale werking en hier is derhalve ook de contrôle door middel van het diagram het belangrijkst. Met de tijdasgenerator kan het diagram ook op grootere schaal worden opgenomen, zoodat de details van het interesseerende gedeelte beter naar voren komen. Hiervoor wordt de tijdbasis ingesteld op een lengte gelijk aan een halve, een derde, een vierde, ... omwenteling. Men verkrijgt dan op het fluorescentiescherm bijv. een beeld als in *fig. 3* is weergegeven. Ook nu zorgt de synchronisatie-inrichting voor het stilstaan van het beeld.

Bij verbrandingsmotoren is een der meest gevreesde verschijnselen het zg. detoneeren, dat zich uit in het optreden van trillingen op de expansielijn (zie *fig. 4*). Behalve door te hooge belasting, verkeerde samenstelling van het gasmengsel, koolaan-

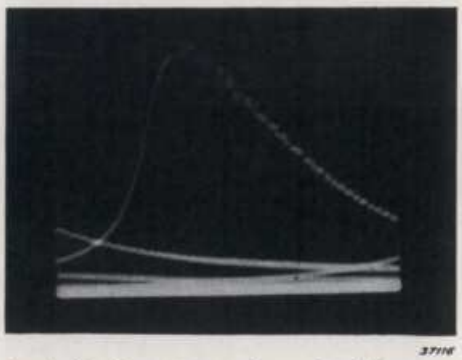
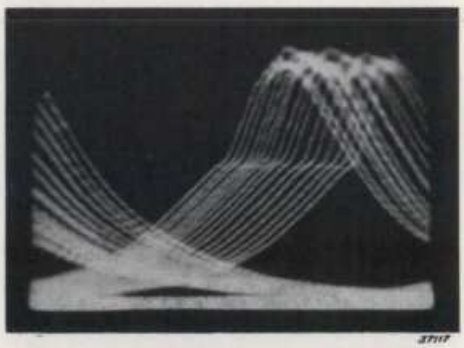


Fig. 4. Druk-tijd-diagram met detonatietrillingen op de expansielijn.

slag in de cylinder en dergelijke oorzaken, kan het detoneeren vooral ontstaan door te hooge compressie en door onregelmatige ontsteking, bijv. tengevolge van een te hooge temperatuur van de cylinderwand (onvoldoende koeling).

In bepaalde gevallen kan het gewenscht zijn, geen synchronisatie toe te passen. Een interessant voorbeeld is het volgende. Stelt men de tijdasgenera-

a



b

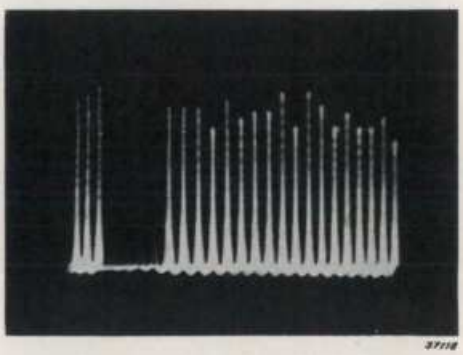


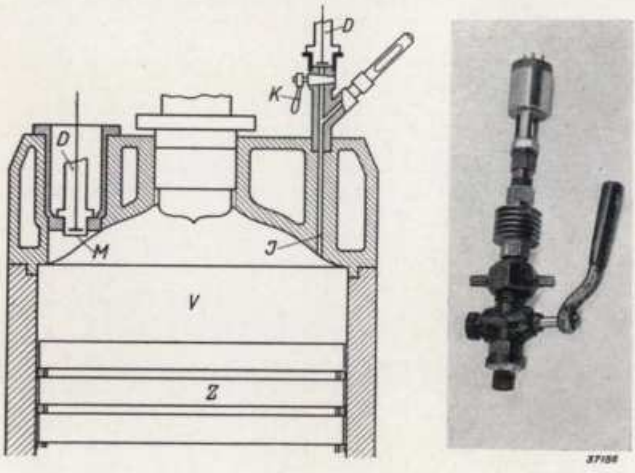
Fig. 5. *a*) Foto van een reeks opeenvolgende druk-tijd-diagrammen, opgenomen zonder synchronisatie. Door het geleidelijk verschuiven van de overeenkomstige punten der diagrammen ziet men het verloop van de topdruk en van de compressiedruk als functie van de tijd. *b*) Een reeks opeenvolgende, sterk samengedrukte druk-tijd-diagrammen. Het verloop van de topdruk is hier ook goed te zien. — De foto fig. 5*a*, evenals fig. 6, 17 en 18, hebben wij te danken aan de Afdeeling Beproeving van N.V. Werkspoor te Amsterdam.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

tor in als bij fig. 2, laat echter de synchronisatie achterwege, dan zal het drukverloop voor de opeenvolgende omwentelingen niet steeds op dezelfde plaatsen van het fluorescentiescherm verschijnen, maar geleidelijk verschuiven, zie *fig. 5a*. In de foto van een dergelijk, niet-stilstaand, beeld teekent zich duidelijk het verloop met de tijd af van de topdruk en evenzoo dat van de compressiedruk en de ontsteking, zoodat de motorconstructeur aan de hand hiervan kan beoordeelen, of er onregelmatigheden in de verbranding voorkomen. Een andere mogelijkheid om een beeld van het verloop der topdrukken te verkrijgen is het, de tijdbasis zeer lang te maken, dwz. de fluorescentiestip horizontaal slechts heel langzaam te doen verschuiven, zoodat een groot aantal (sterk samengedrukte) diagrammen naast elkaar worden geteekend, zie fig. 5*b*.

Trillingen op de expansielijn van het diagram kunnen ook door andere oorzaken ontstaan dan door het detoneeren. Veelal kan de drukopnemer niet direct in de cylinderwand worden aangebracht, maar moet hij met een aanzetstuk worden aangesloten op het indiceerkanaal (*fig. 6*), waarvan de



a *b*

Fig. 6. Kan het membraan *M* van de drukopnemer *D* niet in de cylinderwand zelf worden aangebracht (*a*, links), dan moet de opnemer worden aangesloten op een indiceerkanaal *I* (*a*, rechts). In dit kanaal kunnen gastrillingen als in een orgelpijp ontstaan. *Z* zuiger, *V* verbrandingsruimte, *K* indiceerkraan. — Terloops zij vermeld, dat bij deze wijze van aansluiten soms ook een te groote verhitting van het membraan kan optreden, daar dit dan niet kan profiteeren van de koeling door de (watergekoelde) cylinderwand. In dit geval moeten op het aanzetstuk koelribben worden aangebracht, zooals in de foto (*b*) is te zien.

cylinders van grootere motoren in den regel zijn voorzien. Tengevolge van de plotselinge drukstijging tijdens de verbranding (*4-5* in fig. 2) kunnen in de gaszuil in het indiceerkanaal, op dezelfde wijze als in een orgelpijp, eigen trillingen worden opgewekt, die dan eveneens in het indicateurdiagram verschijnen. Door de frequentie der trillingen te bepalen kan men vaak onderscheiden, of men te maken heeft met echte detonatietrillingen dan wel met orgelpijptrillingen. In het diagram *fig. 7* bijv. vindt men door opmeten, dat de grond-

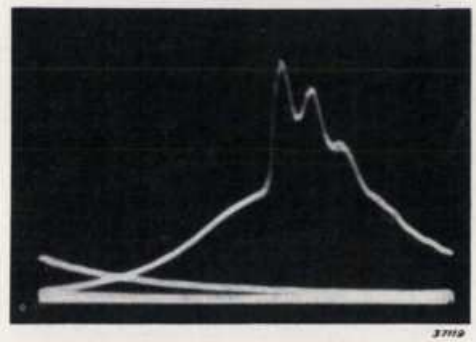


Fig. 7. Druk-tijd-diagram met trillingen op de expansielijn, die bij nadere bepaling der frequentie afkomstig blijken te zijn van orgelpijptrillingen in het indiceerkanaal.

periode van de trilling 0,037 maal de tijd van één omwenteling bedroeg. De motor maakte 1600 omw/min, de grondfrequentie der trillingen was dus 720 per/sec. Anderzijds was de lengte van het indiceerkanaal 20 cm, en aangezien bij de gewone orgelpijptrillingen de golflengte van de grondtoon nagenoeg vier maal de pijplengte bedraagt, zou hier bij een voortplantingssnelheid der drukgolven in de verbrandingsgassen van 580 m/sec een grondfrequentie van 580/0,8 = 725 per/sec verwacht mogen worden. De goede overeenstemming wijst er op, dat hier waarschijnlijk wel sprake moest zijn van orgelpijptrillingen.

Druk-volume-diagrammen

De werktuigkundige zal in het algemeen meer gewend zijn de cylinderdrukken op te nemen als functie van de zuigerverplaatsing dan als functie van de tijd. Aangezien de verplaatsing van de zuiger uit zijn topstand evenredig is met de volumetoename v van de verbrandingsruimte, en $\int p dv$ de door het gas geleverde resp. opgenomen mechanische arbeid is, kan uit het druk-zuigerweg-diagram (druk-volume-diagram) door planimetreeren het afgegeven vermogen van de motorcylinder worden bepaald. Dit was dan ook oorspronkelijk wel de belangrijkste toepassing van het indicateurdiagram.

In het aangehaalde artikel [1]) werd reeds in het kort het principe beschreven van de inrichting, waarmee aan de fluorescentiestip een horizontale uitwijking kan worden gegeven evenredig met de verplaatsing van de zuiger. De inrichting bestaat in hoofdzaak uit een op bepaalde wijze afgesneden

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

cylinder, zie *fig. 8*, die tezamen met een vast opgestelde tegenelectrode een condensator vormt.

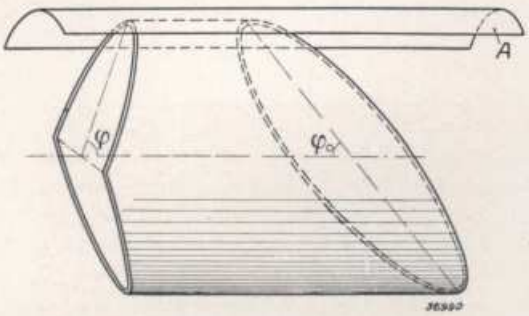


Fig. 8. Roteerende cylindercondensator in de zuigerslagopnemer. *A* vaste tegenelectrode.

De cylinder wordt gekoppeld met de krukas, zoodat bij het draaien van de motor de capaciteit van de cylindercondensator periodiek varieert. De capaciteitsvariaties worden op dezelfde wijze als die van de drukopnemer omgezet in spanningsvariaties, die daarna worden toegevoerd aan de horizontaal afbuigende platen van de kathodestraalbuis. We willen hier nog iets nader ingaan op de constructie van de cylindercondensator.

Daar de tegenelectrode slechts betrekkelijk smal is, kunnen we zeggen, dat de capaciteit van de cylindercondensator op elk oogenblik evenredig is met de lengte van de beschrijvende lijn, die juist tegenover het midden van de tegenelectrode staat. Aangezien de capaciteitsvariatie evenredig moet zijn met de zuigerverplaatsing, is hiermee voorgeschreven, op welke wijze de lengte van de beschrijvende lijn moet varieeren als functie van de hoek. Met behulp van *fig. 9* vindt men voor de

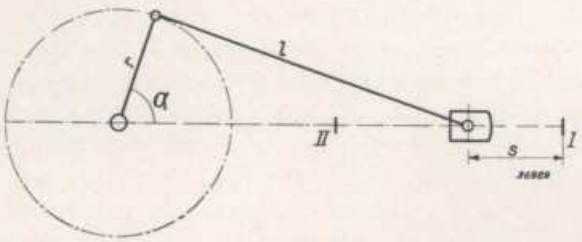


Fig. 9. Situatieschets van de zuigerbeweging; r kruk, l drijfstang, I en II doode punten. Bij oneindig lange drijfstang zou de zuigerverplaatsing (s) sinusvormig verloopen met de hoek α van de kruk. Tengevolge van de eindige waarde van l komt in de beweging een tweede harmonische, waarvan de amplitude afhangt van de verhouding $\varepsilon = r/l$.

verplaatsing s van de zuiger uit de topstand (doode punt I, waarbij het volume van de cylinder vrijwel nul is) de formule:

$$s = r + l - r\cos\alpha - l\sqrt{1-\varepsilon^2\sin^2\alpha} \quad . \quad . \quad (1)$$

De verhouding ε van de lengten van de kruk (r) en de drijfstang (l) ligt in de praktijk tusschen 1/5 en 1/3,5. Ontwikkelen we de laatste term van (1) in een reeks

$$l\sqrt{1-\varepsilon^2\sin^2\alpha} = l\,(1 - {}^1/_2\,\varepsilon^2\sin^2\alpha - {}^1/_8\,\varepsilon^4\sin^4\alpha - \ldots),$$

dan is de term met $\sin^4\alpha$ reeds minstens 100 maal zoo klein als de voorafgaande, zoodat we met voldoende benadering kunnen schrijven

$$s = r - r\cos\alpha + (l\,\varepsilon^2\sin^2\alpha)/2$$

of

$$\frac{s}{r} = (1-\cos\alpha) + \frac{\varepsilon}{4}(1-\cos 2\alpha)\ldots \quad (2)$$

De zuiger maakt dus in hoofdzaak een sinusvormige beweging, waarop een zwakke tweede harmonische is gesuperponeerd, welker amplitude nog afhangt van de kruk-drijfstang-verhouding der onderzochte machine. In *fig. 10a* is de afwikkeling van de aan verg. (2) beantwoordende cylindercondensator geteekend voor het geval $\varepsilon = 0{,}222$ ($l = 4{,}5\ r$). Daarbij is de cylinder aan het eene uiteinde be-

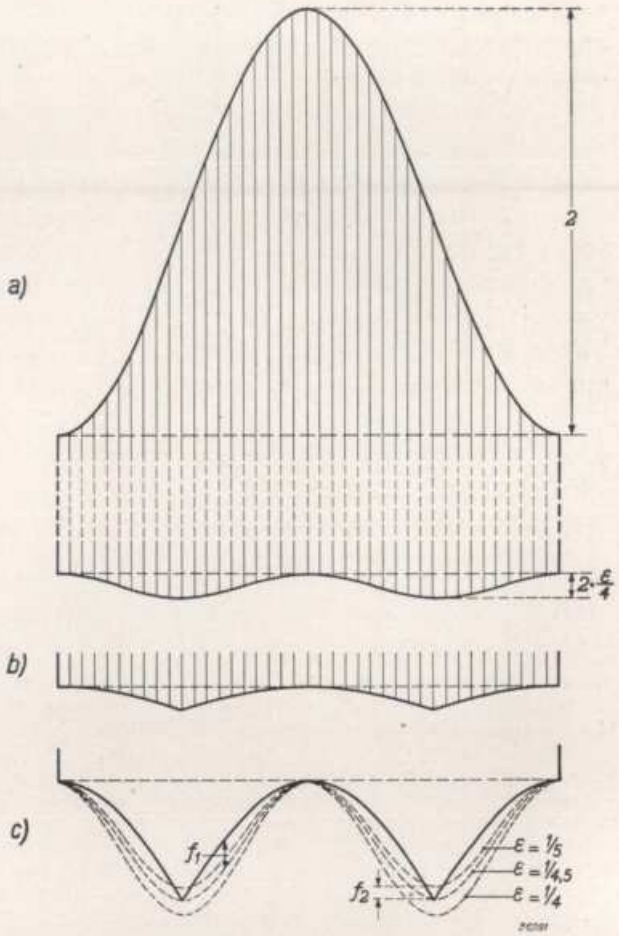


Fig. 10. Afwikkeling van de condensatorcylinder: *a*) theoretisch gewenschte vorm, voor een kruk-drijfstang-verhouding $\varepsilon = 1/4{,}5$; *b*) benadering van de vereischte vorm, gekozen terwille van een gemakkelijke vervaardiging; *c*) op 5 maal zoo groote schaal: uitgevoerde vorm (getrokken, als *b*) en theoretisch gewenschte vormen (gestippeld) voor verschillende waarden van ε.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

grensd volgens 1—cos α, aan het andere uiteinde volgens (1—cos 2α) $\varepsilon/4$. De lengte van het er tusschen gelegen rechte cylinderstuk doet er in principe niet toe, daar dit een bij het draaien constante capaciteit meebrengt, terwijl het alleen op de capaciteitsvariatie aankomt.

De eerstgenoemde begrenzing (1—cos α) kan zeer eenvoudig worden verwezenlijkt door de cylinder af te snijden volgens een plat vlak, met een willekeurige helling φ_0 ten opzichte van de cylinderas. De begrenzing aan het andere uiteinde, volgens (1—cos 2α)$\varepsilon/4$, is echter constructief minder eenvoudig uit te voeren. Ten gerieve van de fabricage is hier derhalve de in fig. 10*b* weergegeven benadering ingevoerd. De kromme (1—cos 2α)$\varepsilon/4$ is vervangen door (1—|cos α|) $\varepsilon/2$, dwz. de cylinder wordt volgens twee platte vlakken afgesneden, waarvan de stand in fig. 8 is te zien, terwijl elk vlak een hoek φ met de cylinderas maakt, met ctg $\varphi = (\varepsilon/4) \cdot$ ctg φ_0. Men berekent gemakkelijk, dat de grootste afwijking tusschen de krommen van fig. 10*a* en *b* gelijk is aan $\varepsilon/8$. Voor $\varepsilon = 0{,}222$ is dit een verschuiving van de abscis met 1,4% van de totale amplitude, een fout, die zonder meer mag worden toegelaten.

Gebruikt men dezelfde zuigerslagopnemer voor motoren met andere kruk-drijfstang-verhouding ε, dan kunnen er grootere fouten optreden. Men ziet dit onmiddellijk in fig. 10*c*, waarin naast de kromme voor de gebruikte opnemer (als in 10*b*) het verloop van de gewenschte krommen voor enkele waarden van ε is geteekend. In *fig. 11* is de maximale positieve of negatieve afwijking als functie van ε uitgezet. Laat men een fout toe van 2,5%, dan blijkt

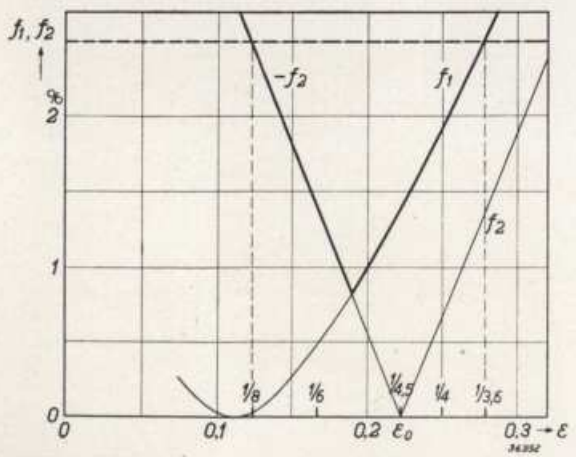


Fig. 11. Maximaal verschil f_1, f_2 tusschen de verkregen en de gewenschte afbuiging van de kathodestraal, in procenten van de totale zuigerslag, als functie van de kruk-drijfstang-verhouding ε der onderzochte machine. De waarden van ctg φ en ctg φ_0 (zie fig. 8) zijn hierbij in de verhouding 1 : 18 gekozen. Laat men een maximale positieve of negatieve fout toe van 2,5%, dan kan de zoo geconstrueerde zuigerslagopnemer, zooals uit de figuur blijkt, voor alle machines met $1/8 < \varepsilon < 1/3{,}6$ worden gebruikt.

de zuigerslagopnemer, die geconstrueerd is met ctg $\varphi = {}^1/_4 \cdot 0{,}222$ ctg φ_0, nog bruikbaar te zijn voor motoren met $1/8 < \varepsilon < 1/3{,}6$. Buiten dit gebied gelegen waarden van ε komen practisch niet voor.

De bovenstaande beschouwingen gelden feitelijk slechts voor het geval, dat de tegenelectrode oneindig smal is. Heeft zij een eindige breedte (hoek φ), dan is de capaciteit op elk oogenblik gegeven door de gemiddelde lengte, die de beschrijvende lijn in de dan werkzame sector van de cylinderomtrek heeft. Het effect hiervan is [3]), dat hoogere harmonischen in het verloop van de cylinderlengte worden verzwakt, en wel de n-de harmonische met een factor (sin $n\Theta/2$)/($n\Theta/2$). Practisch moest Θ, om een voldoende capaciteit te verkrijgen, ongeveer gelijk aan 10° worden gemaakt. De tweede harmonische ondergaat hierbij slechts een relatieve verzwakking met een factor 0,995, zoodat dit effect is te verwaarloozen.

In *fig. 12* geven wij een normaal druk-volume-diagram weer, opgenomen met behulp van de be-

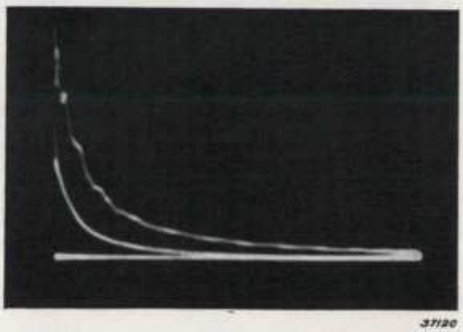


Fig. 12. Normaal druk-volume-diagram, opgenomen met de drukindicateur GM 3154 en de beschreven zuigerslagopnemer. (Er zijn hier weer gastrillingen in het indiceerkanaal gesuperponeerd.)

schreven roteerende cylindercondensator. Om een dergelijk diagram te verkrijgen moet de tegenelectrode van de cylindercondensator zoo staan, dat de topstand van de zuiger beantwoordt aan de kleinste capaciteit (afbuiging van de kathodestraal nul, resp. gelijk aan een gegeven beginuitwijking). Uit het diagram kan nu, zooals reeds werd vermeld, door planimetreeren het door de motorcylinder geleverde vermogen worden bepaald en hieruit kan bijv., met behulp van het aan de krukas gemeten vermogen, het mechanische rendement worden berekend.

Aangezien de zuiger in de nabijheid van de topstand (en van de onderste stand) slechts betrekkelijk langzaam beweegt, worden de belangrijke processen van ontsteking en verbranding, die zich ongeveer ten tijde van de topstand van de zuiger afspelen, in het p-v-diagram op een kort stuk van

[3]) Het effect is volkomen gelijk aan dat van de eindige breedte van een aftastspleet, dat werd besproken in: J. F. Schouten, Synthetisch geluid, Philips techn. T. 4, 176, 1939 (zie speciaal pag. 178).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

de abscis samengedrongen. Bijzonderheden en eventueele afwijkingen in de verbranding zijn derhalve in het normale *p-v*-diagram vrijwel niet te onderscheiden. In de tijd, toen men nog algemeen met mechanische indicateurs werkte, heeft men om dit onaangename gemis te verhelpen de volgende kunstgreep toegepast. De beweging in de richting van de abscis werd 90° ten opzichte van de werkelijke zuigerbeweging in fase verschoven, zoodat de opeenvolgende waarden van de druk in de verbrandingsruimte niet boven de bijbehoorende volumewaarden in het diagram werden geregistreerd, maar een kwart periode verschoven. De verbrandingsdrukken kwamen aldus te liggen in het middelste gedeelte van de abscis, waar de beweging het snelst is. Het zoo verkregen diagram, het zg. verschoven *p-v*-diagram, waarvan we in *fig. 13* een voorbeeld

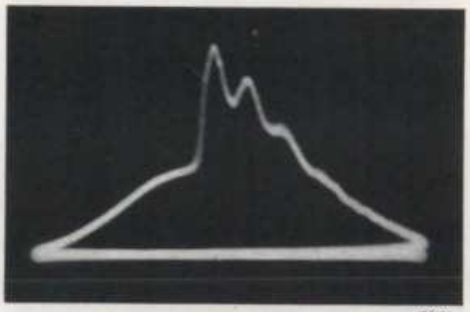


Fig. 13. „Verschoven" druk-volume-diagram (zelfde als fig. 12). De tegenelectrode van de cylindercondensator fig. 8 was hierbij 90° ten opzichte van de normale stand gedraaid.

geven, geeft een beter inzicht in het eigenlijke verbrandingsproces dan het normale *p-v*-diagram en het kon bij de mechanische drukindicateur door eenvoudig omzetten van een hefboom worden verkregen.

Voor den werktuigkundige, die gewend is met deze verschoven *p-v*-diagrammen te werken, kon ook bij de electrische indicateur op zeer eenvoudige wijze de mogelijkheid worden geschapen om dergelijke diagrammen te verkrijgen. Hiervoor behoeft alleen de tegenelectrode van de bovenbeschreven zuigerslagopnemer over de gewenschte hoek te worden gedraaid. In de mogelijkheid van een dergelijke draaiïng moest toch al worden voorzien met het oog op het indiceeren van verschillende cylinders van eenzelfde motor, waarvan de krukken steeds onder verschillende hoeken staan. De in *fig. 14* weergegeven uitvoering van de zuigerslagopnemer is zoo ingericht, dat de tegenelectrode met de hand gedraaid en om de 30° vastgezet kan worden. De meeste voorkomende krukhoeken zijn nl. een veelvoud van 30°. Tevens is in deze opnemer op de as van de roteerende condensator ook een contact aangebracht, dat eenmaal per omwenteling wordt gesloten en dat, zooals hierboven werd beschreven, voor de synchronisatie moet zorgen bij het opnemen van druk-tijd-diagrammen.

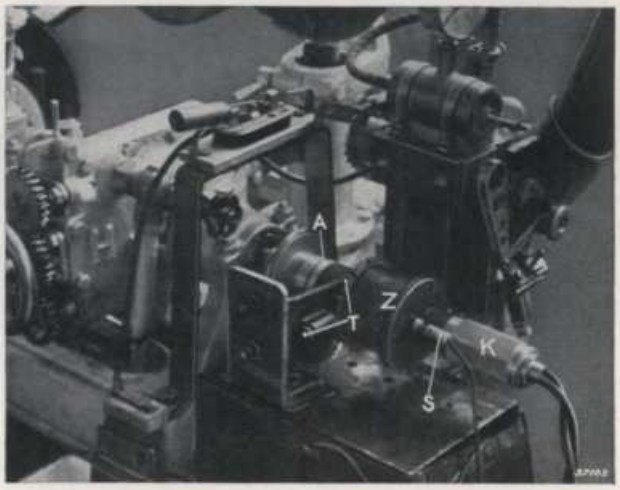


Fig. 14. Zuigerslagopnemer *Z* (GM 4301), gekoppeld aan de krukas van een snelloopende motor. *T* inrichting voor het vastzetten der tegenelectrode onder bepaalde hoeken, *S* aansluiting voor de synchronisatie, *A* koppeling met de motoras, *K* kabelaansluiting.

Voor de bedrijfscontrôle van groote motoren, bijv. van groote Dieselinstallaties, is het van belang elke cylinder afzonderlijk te kunnen indiceeren. Het indiceerend instrument is hiertoe van meerdere aansluitingen voorzien, die via meerdere kabels zijn verbonden met drukopnemers op de verschillende cylinders. Neemt men druk-tijd-diagrammen op, dan kan men eenvoudig door bedienen van een omschakelaar de diagrammen der verschillende cy-

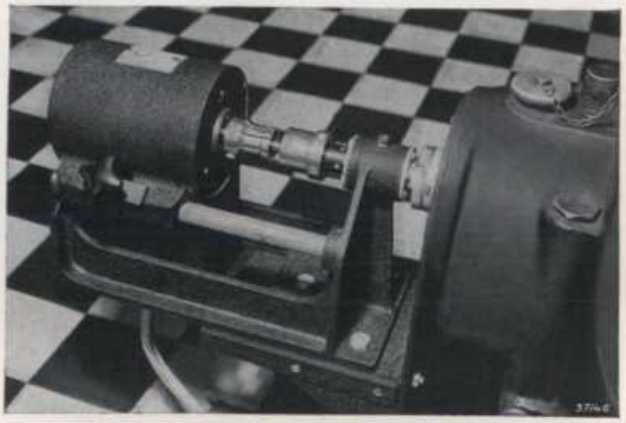


Fig. 15. Zuigerslagopnemer (GM 4300), grootere uitvoering met afstandsbediening, voor groote Dieselinstallaties. De roteerende condensator kan door een glijkoppeling met de krukas worden gekoppeld. De koppeling is hier geopend. Zij is zoo ingericht, dat zij tijdens het draaien kan worden gesloten, waarbij de condensatorcylinder automatisch in de juiste stand ten opzichte van de krukhoeken komt te staan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

linders achtereenvolgens op het scherm van de kathodestraalbuis doen verschijnen. Werkt men echter met de zuigerslagbasis, dan moet voor elke cylinder, behalve het omschakelen op de bijbehoorende drukopnemer, ook nog de tegenelectrode van de zuigerslagopnemer in de juiste stand worden gebracht. Om deze manipulatie te vereenvoudigen is een speciale zuigerslagopnemer ontwikkeld, waarin de tegenelectrode met behulp van een kleine servomotor op afstand kan worden bediend. *Fig. 15* toont een foto van deze opnemer, terwijl *fig. 16* de uitvoe-

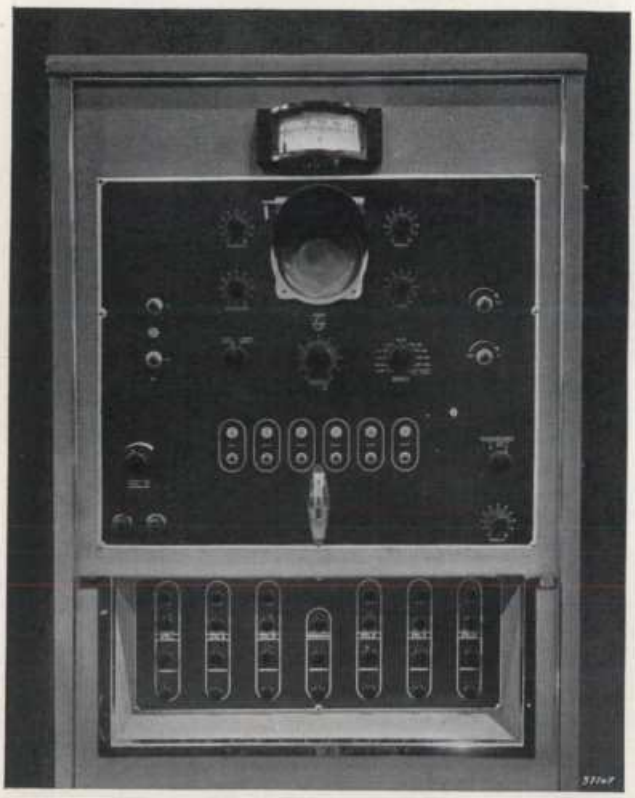


Fig. 16. Drukindicateur, uitvoering voor groote installaties. In de bovenste helft in het midden het scherm van de kathodestraalbuis. Van de onderaan zichtbare zeven stellen van knoppen dient het middelste voor het instellen van de compensatie en de amplitude voor de zuigerslagbasis (zie het onder [1]) aangehaalde artikel); de andere zes stellen rechts en links ervan dienen voor de overeenkomstige instelling voor zes op verschillende cylinders van de machine aangesloten drukopnemers. Boven deze regelknoppen ziet men een rij van zes maal twee signaallampjes, die oplichten, wanneer zich de tegenelectrode van de zuigerslagopnemer voor de bijbehoorende cylinder in de normale, resp. de 90° gedraaide, stand bevindt.

ring van de indicateur weergeeft, die in combinatie hiermee voor groote Dieselinstallaties wordt gebruikt. De tegenelectrode wordt door de servomotor aangedreven via een soort malteezerkruis, dat de electrode om de 30° even stil laat staan, waardoor het instellen op de cylinders met verschillende krukstand veel gemakkelijker wordt. Aan de tegenelectrode is een contactschijf bevestigd, welke een reeks signaallampjes op het indiceerend instrument doet oplichten, zoodat daar de stand van de tegenelectrode steeds kan worden gecontroleerd. Tevens draagt bij deze uitvoering van de zuigerslagopnemer de as van de roteerende condensator een contactschijf, door middel waarvan de kathodestraal periodiek kan worden onderdrukt zoodanig, dat het diagram op het fluorescentiescherm om de 20° een onderbreking van de lijn vertoont. Hierdoor is een gemakkelijker orienteering in het diagram mogelijk.

Met het oog op de goede werking van de laatstgenoemde contactschijf mag de krukas niet meer dan 800 omw/min maken. Een dergelijk hoog toerental komt echter bij groote machines, waarvoor deze uitvoering immers hoofdzakelijk is bestemd, practisch nooit voor. De in fig. 14 afgebeelde eenvoudiger uitvoering van de zuigerslagopnemer kan tot veel hoogere toerentallen worden toegepast, dus ook voor snelloopende motoren, bijv. racemotoren.

Het naaldhefdiagram

Behalve de behandelde diagrammen is voor den constructeur van Dieselmotoren ook nog het zg. naaldhefdiagram van belang, dat de beweging van de brandstofnaald registreert. Deze naald wordt geopend door de brandstofpomp bediend door nokken op een met de krukas gekoppelde as. De stand en de vorm van de nokken moet zoodanig worden gekozen, dat het openen en sluiten van de ventielnaald op de juiste momenten plaats vindt; verder moet ook de brandstofleiding geschikt gedimensioneerd wor-

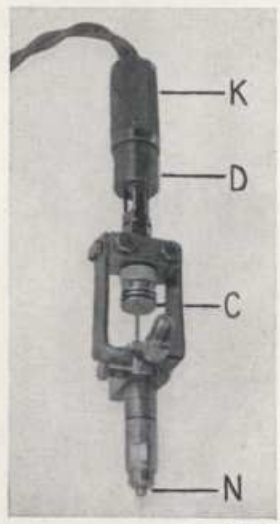


Fig. 17. Opstelling voor het opnemen van een naaldhefdiagram. *N* brandstofnaald, *C* varieerende condensator van de als trillingsopnemer gebruikte drukopnemer *D*, *K* aansluitstuk van de kabel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

den, opdat de periodieke drukverhooging in de brandstofolie zich op de gewenschte wijze van de pomp naar de naald voortplant.

In het meermalen aangehaalde artikel [1]) werd reeds uiteengezet, dat de daar beschreven drukopnemer op eenvoudige wijze geschikt kan worden gemaakt voor het opnemen van mechanische trillingen. De opstelling komt hierop neer, dat tegenover het te onderzoeken object een onbewegelijke electrisch geïsoleerde tegenelectrode wordt gemonteerd, waarvan de capaciteit ten opzichte van aarde tengevolge van de trilling varieert. Deze capaciteitsvariaties worden op dezelfde wijze als die in de zuigerslagopnemer en in de normale drukopnemer omgezet in spanningsvariaties, welke voor het afbuigen van de fluorescentiestip van een kathodestraalbuis worden gebruikt.

Voor het opnemen van het naaldhefdiagram wordt nu boven op de naald een plaatje bevestigd, waarboven de tegenelectrode van de trillingsopnemer wordt geplaatst, zie *fig. 17*. Als horizontale uitwijking voor het naaldhefdiagram gebruikt men in het algemeen de „verschoven zuigerslagbasis", die hierboven werd beschreven. Neemt men gelijktijdig het verschoven druk-volume-diagram zelf op, dan kan men gemakkelijk controleeren of het inspuiten plaats vindt in de juiste fase van de zuigerbeweging. Het gebruik van de verschoven zuigerslagbasis is hier op zijn plaats, daar het inspuiten juist in de nabijheid van het doode punt van de zuiger geschiedt, waar de normale zuigerslagbasis het diagram het sterkst samendrukt.

In *fig. 18* is een dergelijk naaldhefdiagram weergegeven, tezamen met het bijbehoorende verschoven druk-volume-diagram. De fase van het moment van

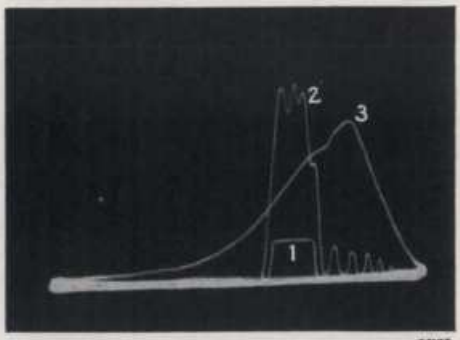


Fig. 18. Naaldhefdiagram (*1*) en diagram van de druk in de brandstofleiding (*2*), opgenomen op de verschoven zuigerslagbasis. Door vergelijking met het bijbehoorende verschoven druk-volume-diagram (*3*) kan de fase van de drukverhooging in de brandstofleiding en van het openen van de naald nauwkeurig worden gecontroleerd.

inspuiten kan op enkele krukgraden nauwkeurig worden vastgesteld. In deze figuur is op dezelfde basis tevens een diagram weergegeven, dat werd opgenomen van het drukverloop in de brandstofleiding ter plaatse van de pomp. Deze vloeistofdruk kan met de normale voor gasdrukken gebruikelijke drukopnemer of met speciaal ontwikkelde drukopnemers (met grooter of kleiner meetgebied) worden gemeten. In fig. 18 is dus van alle drie de toepassingsmogelijkheden van de indicateur GM 3154 gebruik gemaakt, nl. voor het opnemen van gasdrukken, van vloeistofdrukken en van mechanische trillingen.

TEMPERATUURMETINGEN IN DE HARDERIJ MET DE OPTISCHE PYROMETER

door J. RIEMENS. 536.52

Een pyrometrische methode wordt beschreven, waarmee de temperatuur van een vloeistofbad tusschen 850 en 1450 °C met een nauwkeurigheid van ± 2 ° kan worden gemeten. Deze opstelling wordt in het bedrijf toegepast voor het meten van de temperatuur van zoutbaden in de harderij.

Het harden van een staal heeft ten doel, aan het metaal die structuur te geven, waarbij het de gewenschte eigenschappen bezit. In vroegere jaren kon men bij het uitvoeren van deze bewerking grootendeels vertrouwen op de ervaring van den hardingsmeester. De moderne metaalkunde heeft deze toestand echter grondig gewijzigd. Nieuwe staalsoorten voor bijzondere doeleinden zijn ontwikkeld en deze staalsoorten vereischen een zeer nauwkeurig vastgelegde warmtebehandeling, teneinde in het bezit van de gewenschte eigenschappen te geraken. In het bijzonder geldt dit voor sneldraaistaal, dat veel wordt gebruikt voor gereedschappen ten dienste van de metaalbewerking. Om deze gereedschappen te harden worden ze in een bad van gesmolten zouten op een bepaalde hooge temperatuur gebracht en daarna op speciale wijze afgekoeld.

De temperatuur van het zoutbad is nu van het grootste belang. Teneinde reproduceerbare resul-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

taten te verkrijgen mag men deze temperatuur niet meer dan ca 5 graden laten afwijken van die waarde, waarbij het optimale resultaat wordt verkregen. Deze ligt in het algemeen tusschen 850 en 1450 °C.

Fig. 1. Opstelling voor het meten van de temperatuur van een zoutbad: Z zoutbad, B buis (zwart lichaam), P prisma, L lens, F pyrometerdraad, O oculairlenzen, S schuifje, G glazen plaatjes. De lengte van de buis B en de afstand tusschen buis B en prisma P zijn naar verhouding belangrijk grooter, dan in de figuur is geteekend.

Temperatuurmetingen in het genoemde gebied kunnen zoowel met behulp van thermo-elementen als met behulp van een optische pyrometer voldoende nauwkeurig worden verricht. Van de gebruikelijke thermo-elementen komt in dit gebied uitsluitend in aanmerking het element, bestaande uit platina en platina-rhodium. Bij de practische toepassing van dit element is gebleken, dat de thermokracht door herhaalde verhitting boven 1300 °C geleidelijk achteruit gaat, zoodat men genoodzaakt is het element herhaaldelijk te ijken en door een nieuw element te vervangen, als de thermokracht te veel is afgenomen. Dit bezwaar gaf ons aanleiding om tot de optische meetmethode over te gaan.

De optische pyrometrie berust op het feit, dat de helderheid van een heet oppervlak, bijv. van het zoutbad, sterk toeneemt met de temperatuur. De helderheid van het zoutoppervlak bij een bepaalde temperatuur hangt echter ook af van de samenstelling van het zout, waarbij kleine verontreinigingen een belangrijke rol kunnen spelen, zoodat de vereischte meetnauwkeurigkeid moeilijk verkregen kan worden.

Een hoogere nauwkeurigheid verkrijgt men door in het zout een lichaam te dompelen, waarvan de helderheid als functie van de temperatuur nauwkeurig bekend is. Het beste voldoet aan deze eisch een volkomen zwart lichaam. Men kan dit zwarte lichaam verwezenlijken, door in het bad een buis te dompelen, die beneden afgesloten is. Het ondergedompelde stuk van deze buis moet een lengte hebben gelijk aan tenminste vier maal de diameter van de buis. De straling, die in loodrechte richting uit de opening van de buis treedt, is dan op een promille nauwkeurig gelijk aan die van een zwart lichaam, dat de temperatuur van het zoutbad bezit. De temperatuur van het zoutbad kan dus door meting van de helderheid van de opening onmiddellijk worden bepaald.

In *fig. 1* is de opstelling weergegeven. De bodem van de buis wordt door middel van het prisma P en de lens L afgebeeld op een vlak, waarin zich een gloeiende draad, de pyrometerdraad bevindt. Met behulp van de oculairlenzen O worden de pyrometerdraad en het beeld van de bodem samen bekeken. Stelt men de stroomsterkte door de pyrometerdraad zoodanig in, dat de draad dezelfde helderheid als de bodem vertoont (en dus onzichtbaar wordt), dan levert de uitslag van de amperemeter, die de pyrometerstroom aanwijst, onmiddellijk een maat voor de gevraagde temperatuur.

Teneinde een juist resultaat te verkrijgen blijkt er zorgvuldig op gelet te moeten worden, dat er niet door zoutdampen heen wordt gepyrometreerd. Door de afsluiting van de buis wordt dit in voldoende mate verzekerd. Toch blijft op den duur het gevaar aanwezig, dat kleine hoeveelheden zout neerslaan op de optische deelen van de pyrometer en de ijking hiervan doen veranderen. Om dit te voorkomen is tusschen de buis en het prisma een metalen schuifje S aangebracht, dat alleen voor het meten even wordt geopend. Ten overvloede is het prisma nog afgesloten met twee afneembare glazen venstertjes G, die van tijd tot tijd kunnen worden schoongeveegd. Het prisma behoeft dus nooit te worden gereinigd; ontstellen van het prisma is dan ook uitgesloten.

Na eenige oefening in het instellen van de optische pyrometer bereikt men bij een temperatuur van 1300-1450 °C een meetnauwkeurigheid van ongeveer 2 °C. Men moet dan echter voor het meten van de pyrometerstroom een zeer goed instrument gebruiken. Gebruikt men bijv. als pyrometerdraad een wolfraamdraad van 75 micron diameter, dan blijkt, dat de gloeistroom met een reproduceerbaarheid van 2 promille gemeten moet kunnen worden.

Daar het opstellen van een precisie-instrument, dat aan dusdanig hooge eischen voldoet, in een ruw bedrijf als de harderij bezwaren heeft, wordt voor het meten van de pyrometerstroom een soort compen-

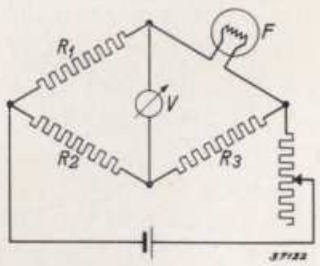


Fig. 2. Compensatieschakeling voor een nauwkeurige bepaling van de pyrometerstroom. R_1, R_2, R_3 brugweerstanden, F pyrometerdraad.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

satieschakeling toegepast. De gloeidraad van de pyrometer wordt in een van de takken van een weerstandsbrug geschakeld (zie *fig. 2*). De weerstand van de gloeidraad verandert ongeveer evenredig met zijn temperatuur. De weerstanden van de verdere takken van de brug laat men onveranderd; men kiest deze zoodanig, dat de brug bij een temperatuur van 850 °C in evenwicht is, terwijl bij een temperatuur van 1450 °C de volle uitslag van de meter V wordt verkregen.

Deze schakeling heeft het voordeel, dat het practisch belangrijke temperatuurgebied over de geheele schaal van de meter is uitgespreid, terwijl bij rechtstreeksche meting van de pyrometerstroom slechts ongeveer de helft van de schaal van de amperemeter voor dit temperatuurgebied kan worden gebruikt. Het resultaat is, dat men dezelfde nauwkeurigheid van ± 2 °C met een 2,5 maal slechtere reproduceerbaarheid kan behalen. Met een goed schakelbordinstrument kan men op 5° nauwkeurig meten, hetgeen voor de practijk voldoende is.

De constantheid van de optische pyrometer is buitengewoon groot. Dank zij de betrekkelijk lage gloeidraadtemperatuur van hoogstens 1450 °C is de verdampingssnelheid van de wolfraamdraad nog zeer gering, zoodat de eigenschappen van de draad tijdens het gebruik practisch niet veranderen. Een halfjaarlijksche contrôle van het instrument levert daardoor reeds een voldoende waarborg, dat de toegelaten tolerantie in het meetresultaat niet wordt overschreden.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1506: A. A. Kruithof: Townsend's ionization coefficients for neon, argon, krypton and xenon (Physica **7**, 519-540, Juni 1940).

De ionisatiecoëfficient van Townsend werd voor krypton en xenon als functie van E/p_0 bepaald. Tezamen met reeds gepubliceerde uitkomsten voor neon en argon (zie **1106** en **1206**) toonen de metingen aan, dat voor $E/p_0 < 40$ V/cm × mm de ionisatie het sterkst is in neon. Veel minder sterk is zij in argon en krypton en het zwakst in xenon. Voor hooge waarden van E/p_0 is de volgorde juist omgekeerd. Uitgaande van het feit, dat de gemiddelde weglengte als functie van de electronenenergie voor krypton en xenon op ongeveer gelijke wijze varieert als voor argon, kon met behulp van de meetresultaten bij benadering de ionisatie- en aanslag-waarschijnlijkheid voor krypton en xenon uit die voor argon worden berekend.

Verder werd als functie van E/p_0 het aantal der electronen bepaald, die gemiddeld per positief ion, dat in het gas wordt gevormd, uit een koperkathode vrijkomen. De gevonden krommen maken het mogelijk, de vrijkomende electronen in twee groepen te splitsen. De eene groep bevat de uit de kathode door botsing van positieve ionen vrijgemaakte electronen, de andere groep bevat de door de zeer kortgolvige ultraviolette straling van het gas vrijgemaakte foto-electronen. Voor hooge waarden van E/p_0 is de eerste groep de grootste, voor lage waarden de tweede.

1507: J. D. Fast: De inwerking van gassen op vaste metalen (Chem. Wbl. **37**, 342-350, Juni 1940).

Bij de aantasting van vaste metalen door gassen kan zich een vaste oplossing van het gas in het metaal vormen, waarbij de gasatomen naar het inwendige van het metaal diffundeeren, en er kan zich een vast reactieproduct op het oppervlak vormen, waarbij de metaalatomen door de gevormde laag in de richting van de gasfase diffundeeren. Deze verschijnselen worden hier uitvoerig besproken en met talrijke voorbeelden, deels uit de literatuur, deels uit eigen proeven afkomstig, toegelicht. Een gedeelte van de in dit artikel behandelde stof vindt men in een opstel in het Augustusnummer van dit tijdschrift (**5**, 225, 1940: Metalen als gasbinders).

1508*: F. A. Kröger: Luminescence in solids containing manganese (Diss. Amsterdam, Juli 1940).

Teneinde de rol van mangaan als activator in fosforen te leeren kennen, werden silicaat- en sulfidefosforen onderzocht. In beide bevindt zich het mangaan in vaste oplossing in het kristalrooster,

---

*) Van publicaties, gemerkt met een *, is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken beschikbaar. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvraag gaarne overdrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

gelijkwaardig met de metaalionen van de stof, die als grondmateriaal dient. Het licht, dat de fosforen aanslaat, komt overeen met hun absorptiespectrum en bestaat uit discrete banden in het ultraviolette en zichtbare spectrum (karakteristiek voor het mangaan), uit een breede goed begrensde band in het ultraviolet, gevolg van de fundamenteele absorptie van de ingebouwde mangaanverbinding, en in de derde plaats uit een breede band, aan de zijde der lange golven begrensd door de bovengenoemde, en aan de zijde der korte golven, voor zoover waarneembaar, onbegrensd. Deze laatste band is de fundamenteele absorptieband van het grondmateriaal. Bestraling met licht in de beide laatstgenoemde deelen van het spectrum heeft fluorescentie en fosforescentie, vergezeld door fotogeleiding, tengevolge. Bestraling in het eerste gedeelte geeft alleen fluorescentie. De luminescentie is karakteristiek voor de ingebouwde mangaanionen en wordt toegeschreven aan electronenovergangen binnen het mangaanion (over gangen tusschen de grondtermen van de d^5 configuratie der halfgevulde d-schaal).

De zône-theorie, die rekenschap aflegt van de mogelijke energieniveaus in vaste stoffen, wordt uitgebreid tot mengkristallen, waardoor een bruikbaar model voor de fosforen wordt verkregen. Hiermee wordt aangetoond, dat, naar de eigenschappen der emissie, een indeeling der fosforen in twee groepen mogelijk is. In de eerste groep speelt het emissieproces zich binnen in het aangeslagen centrum af, de emissie is slechts in de tweede plaats afhankelijk van de omgeving. In de tweede groep speelt deze omgeving, het grondmateriaal, waarin de activator is ingebouwd, wel een rol en is het emissiespectrum er sterk door bepaald. Mangaanfosforen behooren volgens de hierboven aangehaalde proeven tot de eerste groep.

1509: J. D. Fast: Die Herstellung von Metallen nach den Verfahren der Sintermetallurgie und der Zersetzungsmetallurgie (Öst. Chem. Z. **43**, 27-33 en 48-54, Febr. en Maart 1940).

Na een beschouwing over de verwantschap tusschen sintermetallurgie en ceramische procédés en over enkele voorloopers der sintermetallurgie, worden de verschillende bij het bereiden van sintermetalen achtereenvolgens toegepaste bewerkingen behandeld en de invloed van gassen op het sinterproces besproken. Hierbij worden voorstellingen ontwikkeld omtrent het werkzaam worden der cohesiekrachten bij het persen en omtrent de rol, die de steeds op de korrels der metaalpoeders aanwezige oxydehuidjes hierbij spelen. Verder wordt ingegaan op het mechanisme van de bij het sinteren optredende krimpverschijnselen en op de eveneens hierbij optredende verschijnselen van rekristallisatie en samengroei. Als toepassingsvoorbeeld der sintermetallurgie wordt de bereiding van ductiel wolfram beschreven, verder de bereiding van de zg. „harde metalen" en nog eenige andere toepassingen.

De dissociatiemetallurgie is vooral van belang voor de vervaardiging van de hoogsmeltende metalen der titaangroep in ductiele vorm. Er wordt een beschrijving der daarbij gevolgde werkwijze gegeven. Tenslotte wordt de bereiding van zuiver nikkel en ijzer volgens de methoden der dissociatiemetallurgie behandeld.

Gedeeltelijk werd de inhoud van dit artikel reeds vermeld in Philips techn. T. **4**, 321, 1939 (Het vervaardigen van compacte metalen door persen en sinteren) en **3**, 353, 1938 (Zirconium en zijn hoogsmeltende verbindingen).

1510: K. F. Niessen: Berechnung der von einer Halbwellenlängenantenne oberhalb einer ebenen Erde in einem bestimmten Punkte hervorgebrachten elektrischen Feldstärke als Funktion der der Antenne sämtlich pro Sekunde zugeführten Energie I (Physica **7**, 586-602, Juli 1940).

Aan een voorbeeld wordt toegelicht, hoe het verticale electrische veld in een punt boven een vlakke aarde kan worden berekend, indien dit veld wordt opgewekt door een antenne van een halve golflengte, waarvan het onderste punt eveneens boven de aarde ligt. Het blijkt mogelijk dit veld uit te drukken met behulp van de totale aan de antenne toegevoerde energie, waarvan een gedeelte (het actieve deel) uitgestraald en de rest door de aarde geabsorbeerd wordt (niet actieve deel). Het vraagstuk wordt eerst opgelost voor de straling van een zuivere dipool, die bij de verder beehandeling in het midden van de antenne wordt gelegd. De reflectieformule, die men bij dergelijke vraagstukken veelal als benadering gebruikt, zou hier tot geheel verkeerde resultaten kunnen leiden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!